

Beiträge zur Kenntniss des unteren Malm
im zentralen Schweizer Jura

Mit 2 Textfiguren, 11 Abbildungen und 11 Tafeln

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Philosophischen Fakultät II

der

Universität Zürich

von

MARTIN A. ZIEGLER
AUS WINTERTHUR

begutachtet von

HERRN PROF. DR. R. TRÜMPY

Zürich 1962

Buchdruckerei Winterthur AG

Beiträge zur Kenntnis des unteren Malm
im zentralen Schweizer Jura

Mit 2 Textfiguren, 11 Abbildungen und 11 Tafeln

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Philosophischen Fakultät II

der

Universität Zürich

von

MARTIN A. ZIEGLER
AUS WINTERTHUR

begutachtet von

HERRN PROF. DR. R. TRÜMPY

Zürich 1962



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	7
Einleitung.	9
1. Geographische Lage	9
2. Historischer Überblick	9
3. Problemstellung	12
4. Arbeitsmethoden	12
5. Lithologisch-stratigraphische Gliederung des Lusitanian im Untersuchungsgebiet.	13
I. Das Lusitanian im nordwestlichen Faziesbereich (z. T. Hinterriffzone).	18
1. Die Caquerelle-Pisolithe und ihre Verbreitung	18
2. Die Übergangskalke aus dem NW-Ablagerungsraum	19
3. Die kreidigen Kalke und Oolithe von St-Ursanne und ihre Verbreitung (Kreide von St-Ursanne)	19
4. Die Vorbourg-Kalke und ihre Verbreitung	21
5. Die Naticamergel	26
6. Die Hauptmumienbank	27
II. Das Lusitanian in der Riffzone	28
1. Die Liesberg-Schichten und ihre Verbreitung	29
2. Die massigen Korallenkalke	30
III. Das Lusitanian im südöstlichen Faziesbereich	34
1. Die Übergangskalke und ihre Verbreitung	34
2. Die Birmenstorferkalke.	35
3. Die Effingerschichten	37
IV. Fazielle Vergleiche und Paläogeographie des unteren Lusitanian im zentralen Schweizer Jura.	39
1. Paläogeographie des «unteren Rauracien» und seine zeitlichen Äquivalente	39
2. Paläogeographie des «mittleren Rauracien» und seine zeitlichen Äquivalente.	40
3. Paläogeographie des «oberen Rauracien» und seine zeitlichen Äquivalente.	41
4. Paläogeographie des «unteren Unterséquanien» und seine zeitlichen Äquivalente	41
5. Paläogeographie des «oberen Unterséquanien».	42
Résumé.	45
Literatur- und Kartenverzeichnis	47
Verzeichnis der Detailprofile	51
Phototafeln	53



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507217_0022

Verzeichnis der Textfiguren und Tafeln

Textfiguren:

- Fig. 1 Schematisches Faziesprofil durch den zentralen Schweizer Jura
Fig. 2 Generelles stratigraphisches Schema des zentralen Schweizer Juras

Phototafeln:

- Abb. 1 Caquerelle-Pisolith; Côte du Frêne, N St-Ursanne.
Abb. 2 «Calcaire grumeleux» aus den Vorbourg-Kalken mit Transversalschnitten durch Charophyten-«Ästchen»; Station Saulcy.
Abb. 3 «Brèche à cailloux noirs» aus den Vorbourg-Kalken; Côte du Frêne, N St-Ursanne.
Abb. 4 Intraformationelle Breccie aus den Vorbourg-Kalken; Sur le Tunnel, N Porrentruy.
Abb. 5 «Brèche à cailloux noirs» aus den Vorbourg-Kalken mit mehr knolligen Konkretionen; Chauvillers, F.
Abb. 6 Mikrozyklotheme aus den höheren Vorbourg-Kalken; Gorges du Pichoux.
Abb. 7 Korallenkalk mit Querschnitten durch tellerförmige Thamnasterien; Combe des Geais, E Moutier.
Abb. 8 Korallenführender Riffdetritus; Plan du Noyer, S St-Ursanne.
Abb. 9 Übergangskalk aus der Nähe des Riffes mit grob-detritischem Riffschutt; S Undervelier.

- Abb. 10 Spongolith aus den Übergangskalken; Gorges de Moutier.

- Abb. 11 Dedolomitierungserscheinung aus dem Übergangskalk, Pseudomorphose von Kalzit nach Dolomit; Chaumont de Gilley, F.

Tafeln:

- I Topographische Lage der aufgenommenen Detailprofile.
II Faziesprofil I, Weißenstein-Liesberg.
III Faziesprofil II, Montoz-Delsberg.
IV Faziesprofil III, Biel-St-Ursanne.
V Faziesprofil IV, Chasseral-Franches-Montagnes.
VI Faziesprofil V, La Chaux-de-Fonds und Legende zu den Faziesprofilen.
VII Paläogeographie des «unteren Rauracien» im zentralen Schweizer Jura.
VIII Paläogeographie des «mittleren Rauracien» im zentralen Schweizer Jura.
IX Paläogeographie des «oberen Rauracien» im zentralen Schweizer Jura.
X Paläogeographie des «unteren Unterséquanien» im zentralen Schweizer Jura.
XI Paläogeographie des «oberen Unterséquanien» im zentralen Schweizer Jura.

Vorwort

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. R. TRÜMPY wurde die vorliegende Arbeit ausgeführt. Die Jahre 1957/58 waren mehr kursorischen Begehungen gewidmet. Im Frühjahr 1959 wurde mit den eigentlichen Feldaufnahmen begonnen. Im darauffolgenden Jahr waren noch einige abschließende Begehungen notwendig.

Die Auswertung der Aufnahmen erfolgte am Geologischen Institut der ETH und der Universität Zürich, wo auch die Belegsammlung sowie die unveröffentlichten Profilaufnahmen deponiert sind.

Die Ausführung dieser Arbeit erfolgte unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. R. TRÜMPY. Für seine stetige Anteilnahme sowie für seine Ratschläge, die er mir sowohl im Felde als auch am Institut zuteil werden ließ, möchte ich ihm hier herzlich danken.

Zu besonderem Dank bin ich Herrn Prof. Dr. R. STAUB † für seine Einführung in die Geologie und Tektonik der Alpen verpflichtet, ebenso Herrn Prof. Dr. A. GANSSER für die Erweiterung des Blickes auf ausgewählte Kapitel der Geologie überseeischer Gebiete.

Herrn Prof. Dr. R. TRÜMPY und Herrn Prof. Dr. W. LEUPOLD verdanke ich die Einführung und Schulung in Stratigraphie und Mikropaläontologie. Herrn Prof. Dr. H. SUTER danke ich für sein ständiges, wohlwollendes Entgegenkommen.

Herrn Dr. H.J. OERTLI in Pau (Frankreich) bin ich zu besonderem Dank verpflichtet. In bereitwilligster Weise stellte er mir seine umfangreichen Kenntnisse auf dem Gebiete der Ostracoden, bei der Bestimmung des aufgesammelten Ostracodenmaterials, zur Verfügung.

Mein Dank gebührt aber auch Herrn Dr. J. CALLOMON, London, der in freundlicher Weise die Bestimmung der Perisphinctenfunde übernahm.

Herrn J. NEHER, dipl. Geologe ETH, bin ich für verschiedene Hinweise bei mikroskopischen Untersuchungen verpflichtet.

Dankbar gedenke ich auch meines Bruders, Dr. P.A. ZIEGLER, der mich mit den Arbeitsmethoden im Felde vertraut machte und sich jederzeit für meine Arbeit interessierte. Ebenso dankbar bin ich meinen Studienkameraden, die mit mancher Diskussion das Fortschreiten meiner Arbeit förderten.

Die Freiberge mit ihrer lebenswürdigen Bevölkerung werden mir zeitlebens in bester Erinnerung bleiben.

Dem liebevollen Verständnis und der Großzügigkeit meiner Eltern verdanke ich das Geologiestudium. Ihnen sei deshalb diese Arbeit gewidmet.

Einleitung

1. Geographische Lage

Das untersuchte Gebiet erstreckt sich auf den zentralen Schweizer Jura zwischen Delémont im NE und dem Val de Travers im SW sowie auf die im NW angrenzenden Regionen des französischen Juras (Plateau de Maïche bis Mont Chaumont bei Gilley). Einen Großteil des Arbeitsgebietes enthält das Blatt «Biel» 1 : 100 000 (Blatt 31, Landeskarte der Schweiz). Kleinere Abschnitte, hauptsächlich im W und SW, liegen auf Blatt «Colombier» 1 : 100 000 (Carte topographique de la Suisse) und Blatt «Morteau» 1 : 100 000 (Carte de France). Es wird durch folgende Ortschaften begrenzt: Neuchâtel–Biel–Solothurn–Mervelier–Liesberg–St-Ursanne–St-Hippolyte (F)–Le Russey–Gilley–Pontarlier (F)–Fleurier–Neuchâtel. Das entspricht einer Fläche von ca. 2300 km².

Die Orts- und Flurnamen wurden der Landeskarte der Schweiz 1 : 25 000 entnommen.

Im Text verwendete Abkürzungen:

Dm.	Durchmesser
B.	Bindemittel
k. k.	kalzitisch-kristallin
H.-Mb.	Hauptmumienbank
F	Frankreich

2. Historischer Überblick

Die in dieser Arbeit als Lusitanian bezeichneten Serien fanden in der älteren und neueren Literatur eine vielfältige Berücksichtigung, z. T. jedoch unter heute nicht mehr gebräuchlichen Namen. Ihre Stellung in der modernen Nomenklatur soll im folgenden diskutiert werden.

Dem Begriff Corallien begegnen wir erstmals 1832 im Werke von J. THURMANN: «Essai sur les soulèvements jurassiques du Porrentruy». Er faßt am Mt. Terrible bei der Auberge de la Croix (heute «sur la Croix») und bei Banné, S von Porrentruy, unter diesem Namen alle Schichten zusammen, welche zwischen dem Terrain à Chailles und den Mergeln mit *Exogyra virgula* liegen. Die letzteren werden von ihm noch ins Portlandian gestellt. THURMANN unterscheidet vom Liegenden zum Hangenden:

1. Calcaire corallien
2. Oolithe corallienne
3. Calcaire à Nérinées
4. Calcaire à Astartes

Der Name Corallien, welcher ebenfalls von THIRRIA schon 1833 verwendet wurde, wird von D'ORBIGNY (1845) aufgegriffen. Er versteht darunter die Schichten zwischen dem Oxfordian s. str. und dem Kimmeridgian; seine Typuslokalität liegt bei Dompierre (Charente-Inférieure).

Der Name Rauracien wurde ungefähr um das Jahr 1840 von A. GRESSLY anstelle des Begriffes Corallien für die Kalke an der Caquerelle geprägt. – GRESSLY hatte in seinen «Observations géologiques sur le Jura soleurois», welche 1838–1841 erschienen waren, den Faziesbegriff formuliert. Er wandte diese neue Erkenntnis an der Caquerelle an. 1870 schreibt J. B. GREPPIN: «Il [GRESSLY] nous montre pendant l'âge corallien comme terre ferme les Vosges et la Forêt-Noire; comme point littoral le bassin alsatique et le Jura septentrional et comme région pélagique le Jura méridional.»

GRESSLY hatte wohl erkannt, daß «Corallien» lediglich eine Faziesbezeichnung sei, und schlug als Stufenbezeichnung den Namen Rauracien vor. 1867 wurde von J. B. GREPPIN das Rauracien erstmals als Synonym für Corallien verwendet. Als Typuslokalität für das Rauracien darf die Vorbourg im NE von Delémont angesehen werden; im weiteren Sinne jedoch, wie schon aus dem Namen hervorgeht, das Gebiet des keltischen Stammes der Raurici, welches westlich des Rheinknies von Basel lag. Unglücklicherweise wurde der Begriff Corallien, der in ganz verschiedener Weise, für ganz verschieden alte Formationen (Oberes Oxfordian bis Tithon) verwendet worden war, damit durch einen Begriff ersetzt, dem ebenfalls der Makel der Faziesbezogenheit anhaftete und dem im Verlauf der Geschichte ein ähnliches Los wie dem Corallien beschieden war. – Von J. B. GREPPIN wurde 1867 eine Typusserie für das Rauracien an der Vorbourg beschrieben. Es umfaßte damals:

- 1. Oolithe corallienne
- 2. Calcaire à Nérinées

Das Terrain à Chailles siliceux wurde von GREPPIN erst drei Jahre später, als unterste Abteilung, dem Rauracien zugeordnet. – Das Rauracien stellte also nach der ursprünglichen Definition eine Stufe dar.

Die Bezeichnung Argovien wurde von J. MARCOU im Jahre 1848 in die Literatur eingeführt. Im Typusgebiet des Aargauer Juras umfaßte diese Stufe die «Schwammbildungen» (Birmenstorferschichten) und den «Lettstein» RENGERS (Effingerschichten). MARCOU beschrieb namentlich die 30 m mächtige Serie von Mergel und Mergelkalken bei «Grange des Viouse» nördlich Andelat (Dép. Jura, F). In Anlehnung an die mächtige Entwicklung derselben Stufe im Aargauer Jura gab er dieser Serie den Namen Argovien.

Um 1870 war die Erkenntnis der Altersgleichheit, oder zum mindesten der analogen stratigraphischen Stellung, des Typus-Rauracien und des Typus-Argovien offenbar weitgehend durchgedrungen, obschon noch kein eindeutiger Beweis anhand von Leitfossilien geliefert worden war.

1845 trennt J. MARCOU das Astartien (THIRRIA, 1833) oder Séquanien, wie es in der Folge meistens benannt wird, vom Corallien ab. Er zieht die Obergrenze des Corallien zwischen dem «Calcaire à Nérinées» und den «Marnes séquaniennes ou à Astartes».

Bis gegen 1870 ging die Aufgliederung des Corallien weiter. MARCOU erreichte 1857 das Maximum an Unterabteilungen. Es waren deren fünf:

- | | | |
|--------------------------|---|------------------------|
| Oolithe corallienne | { | 5. Calcaire à Nérinées |
| | | 4. Calcaire oolithique |
| Coral Rag de la Chapelle | { | 3. Calcaire corallien |
| | | 2. Couches à coraux |
| | | 1. Argiles à chailles |

A. ETALLON setzte sein Dicératien, welches er 1857 für die Schichten mit Diceras in Valfin (N St-Claude, Dép. Jura, F) geschaffen hatte, mit dem Calcaire à Nérinées und dem Oolithe corallienne von THURMANN und MARCOU in Synonymie. Abbé BOURGEAT bewies jedoch 1883 anhand der Fossilgemeinschaft, daß das Corallien von Valfin ins Kimeridgian zu stellen sei. Im Jahre 1888 zeigte BOURGEAT, wie das Riff von Valfin seitlich in die Banné-Mergel übergeht.

Der Ausdruck Rauracien wechselte im Laufe der Zeit seine Bedeutung ebenfalls. RENEVIER (1874) verwendete das Rauracien zusammen mit dem Glypticien und Séquanien als gleichwertige Unterabteilungen des Corallien. 1875 setzte der gleiche Autor das Rauracien in Synonymie mit dem Corallien von D'ORGIBNY, während GREPPIN (1870) bei der Einführung des Begriffes Rauracien schreibt: «...une partie de l'étage corallien de M. d'Orgibny»!

1857 wagte ETALLON in seiner Studie über St-Claude noch keinen Fazieswechsel zu postulieren; obwohl er festgestellt hatte, daß die koralligene Fazies oft dem «Portlandian» (nach neuerer Auffassung = oberes Kimeridgian; siehe M. A. ZIEGLER, 1960) zugeordnet werden müsse, glaubt er noch an eine lokale Fazies. P. CHOFFAT stellte später fest, daß koralligene Fazies in verschiedenen Stufen auftreten kann, namentlich auf Grund von Vergleichen zwischen Profilen bei St-Claude und weiter nördlich gelegenen. Er forderte deshalb 1875, daß die Bezeichnung Corallien als Stufenbezeichnung fallengelassen werden sollte. In weiteren Studien, z. B. 1876, stellte CHOFFAT drei Korallen-«Bänke» fest:

1. Corallien proprement dit ou Rauracien
2. Corallien de Valfin (Kiméridgian)
3. Corallien du Salève (Portlandien)

Das Vorschreiten des Korallengürtels nach SW erklärte GREPPIN (1867) mit einer progressiven Hebung der Vogesen und der Alpen.

Die Arbeiten von DARWIN und DANA über Korallenriffe, die in der Zeit zwischen 1842 und 1874 publiziert wurden, wirkten anspornend. Es erschien in deren Folge eine Anzahl von Publikationen, die dem Studium der «niveaux coralliens» gewidmet waren (A. GIRARDOT, 1883; BERTRAND, 1883; BOURGEAT, 1883 und 1886; DE LORIOU und KOPY, 1880–1889). Die einen versuchten die Riffbildungen nach DARWIN und DANA zu klassifizieren, während andere sich mehr paläontologisch-ökologischen Fragen widmeten.

Die Theorie von P. CHOFFAT bestätigte sich, und 1883 schrieb Abbé BOURGEAT über die Entwicklung der Korallen: «...les barres coralligènes ne peuvent être tous synchroniques.» 1888 erschien die wertvolle Arbeit von BOURGEAT: «Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional», in welcher der Fazieswechsel und die Wanderung des Riffgürtels deutlich zum Ausdruck kommt. Aus dem gleichen Jahre (1888) stammt auch die Arbeit von ROLLIER: «Les faciès du Malm». Anhand von zahlreichen detaillierten Profilaufnahmen erläutert er die stratigraphischen Zusammenhänge, hauptsächlich im Berner Jura. Der zeitliche und räumliche Zusammenhang der Argovien- und Rauracienfazies im zentralen Schweizer Jura wurde i. a. recht deutlich erkannt, so daß ROLLIER'S Gliederung im großen ganzen bis auf den heutigen Tag, nur wenig modifiziert, erhalten blieb:

ROLLIER (1888)		MOESCH (1867)	
NW		SE	Aargauer Jura
	Rauracien		
3. Calcaire à Nérinées	Calcaire à <i>Pecten solidus</i>	Argovien	Geißberg-Schichten
2. Oolithe corallienne		Calcaire hydraulique	Effingerschichten
1. Glypticien oder Couches de Liesberg		Spongiten, Calcaire à Scyphies inf. (GRESSLY)	Birmenstorferschichten

ROLLIER verwendet also im Berner Jura eine ähnliche Dreiteilung, wie sie von MOESCH (1867) für den Aargauer Jura vorgeschlagen wurde.

Nach Rollier (1894) bildet das Liegende des Rauracien bzw. Argovien im N das Terrain à Chailles, im S ein auf geringe Mächtigkeit reduziertes Oxfordian s. str. Dieses Oxfordian besteht aus Mergeln und eisenoolithischen Mergelkalke. Im N findet das Rauracien (Oolithes et calcaires coralligènes dicératiens et nérinéens) seine obere Begrenzung durch die Calcaires pauvres (Vorbouurg-Kalke). Im S grenzt das Argovien (Mergelkalke) im Hangenden an Korallen, Crinoiden und Echinodermen führende Mergelkalke. – Mit dieser Arbeit fand eine Richtigstellung statt, nach welcher ROLLIER, entgegen einer alten Interpretation, zu folgender Auffassung gelangte:

MOESCH und CHOFFAT		ROLLIER, 1894
Corallien	Wangenerschichten ¹	Séquanien
Terrain à Chailles	{ Crenularis-Schichten	
	{ Geißberg-Schichten	Rauracien/Argovien
Marnes oxfordiennes	{ Effingerschichten	
	{ Birmenstorferschichten	Oxfordien
	{ Cordatus-Schichten	
	{ Lamberti-Schichten	

¹ Die Crenularis- und Wangenerschichten entsprechen heute den Äquivalenten des oberen «Séquanien» im östlichen Jura-gebirge, d. h. der höheren *bimammatum*- und *planula*-Zone. MOESCH hingegen setzt die Crenularis-Schichten dem Glypticien gleich, was einer altersmäßigen Gegenüberstellung von *plicatilis*-Zone und *bimammatum*-Zone gleichkommt.

1898 folgte die letzte eingehende Bearbeitung ROLLIERS zum Thema des Malms. E. GREPPIN (1900) bestärkte ROLLIER in seinen Ansichten, doch trug er nichts Wesentliches zur Erkenntnis der Malmstratigraphie bei. Auch die Arbeit von E. JUILLERAT (1907) brachte, außer einer erweiterten Profilliste von ROLLIER, nichts Neues. Seine Profilaufnahmen erstrecken sich auf das Gebiet zwischen Ste-Croix bis Brugg. Er schlägt vor, daß der Begriff Argovien lediglich auf die Birnenstorfer- und Effingerschichten angewandt werden sollte, da vom Solothurner Jura (Wangen a. d. A.) weg, gegen Westen, die Geißberg-Schichten in den Effingerschichten aufgehen sollten.

Anfangs dieses Jahrhunderts war somit die bisher intensiv betriebene, stratigraphische Untersuchungsperiode im Schweizer Jura zu einem ersten Abschluß gekommen. Es schälte sich i. a. neben ROLLIERS Ansicht über den Fazieswechsel des unteren Malm im Juragebirge noch eine zweite Anschauung heraus, nämlich jene von HAUG. Während die Interpretation von ROLLIER von den meisten Schweizer Geologen übernommen wurde, verkörperte die stratigraphische Unterteilung von HAUG die vorherrschende Meinung der französischen Geologen. Diese ordneten im wesentlichen das Argovien den *transversarium*- und «*alternans*»-Zonen zu, während sie das Rauracien mit der *bimammatum*-Zone datierten. HAUG griff den von CHOFFAT (1885) für das Argovien in Portugal geprägten Begriff Lusitanien auf und setzte ihn ungefähr dem englischen «Corallian» gleich. HAUGS Lusitanien umfaßt also die Zonen zwischen (*plicatilis*?) *transversarium* und *tenuilobatus* (= «Argovien», «Rauracien» und «Séquanien» sensu gallico).

Das Hauptgewicht der weiteren geologischen Forschung wurde von 1900 an auf die Detailkartierung des Juragebirges und auf die Erkenntnis der tektonischen Zusammenhänge verlegt. Stratigraphie wurde nur noch der Vollständigkeit halber, im Sinne einer Inventarisierung eines Kartenabschnittes, betrieben. Gute Aufschlüsse wurden leider nur allzu oft ungenügend aufgenommen.

Im übrigen wird bei der Besprechung der einzelnen Gesteinstypen und Faziesgebiete noch näher auf die historische Entwicklung einzugehen sein.

3. Problemstellung

Aus dem historischen Überblick geht hervor, daß der Verlauf des Fazieswechsels sowie die allgemeine Gliederung des «Argovien» und «Rauracien» mit Abschluß der Arbeiten von ROLLIER und JUILLERAT im großen ganzen geklärt war.

Noch fehlten aber genauere Angaben über die Entwicklung und Ausdehnung der einzelnen Faziesgruppen und deren laterale und vertikale Übergänge. P. A. ZIEGLER (1956) hatte einen neuen Gliederungsversuch des «Séquanien» im zentralen Schweizer Jura vorgenommen und deutlich festgestellt, daß die Untergrenze dieser Schichtgruppe heterochron ist.

Die Zusammenhänge zwischen der Lithologie und den einzelnen Faziesgruppen wurde im besonderen untersucht; dabei wurden Vergleiche mit fossilen und rezenten Korallenriffen angestellt.

Im weiteren wurde ein besonderes Augenmerk auf die zeitweilige Aussüßung in den oberen Vorbourg-Kalken gerichtet. Es wurden die charophytenführenden Lagen und ihre Verwendbarkeit als Leithorizont geprüft; auch wurde versucht, ihre horizontale Ausdehnung zu erfassen.

Daneben mußten die meist generellen Hinweise auf den Fazieswechsel zwischen dem «Argovien» und dem «Rauracien» in den regionalgeologischen Arbeiten berücksichtigt und überprüft werden.

4. Arbeitsmethoden

Dieser Arbeit liegt ein möglichst engmaschiges Netz von untersuchten Geländepunkten zugrunde. So wurden im Laufe des Jahres 1959 und im Frühjahr 1960 im gesamten ca. 110 Detailprofile aus dem Argovien- und Rauracianfaziesbereich aufgenommen. Im Klusengebiet und entlang dem tief eingeschnittenen Doubs-tal ist die Profildichte befriedigend; schlecht hingegen sind die Aufschlußbedingungen auf den Hochflächen der Franches-Montagnes und dem Plateau de Maîche (F). Ebenfalls erschwert war die Profilaufnahme im Argovienfaziesbereich, wo größtenteils die ganze Serie verrutscht oder überwachsen ist. Dies ist der Grund, weshalb im südlichen Arbeitsgebiete die Dichte der Profilpunkte so gering ist.

Bei der Weitläufigkeit des Untersuchungsgebietes konnten nur die gut aufgeschlossenen Regionen berücksichtigt werden. Zeigte sich ein Fazieswechsel, so wurde das Gelände zwischen zwei benachbarten Profilen abgeschritten. Bei der Profilaufnahme wurden lediglich die von P. A. ZIEGLER (1956) beschriebenen Profile übernommen, aber auch diese nicht ohne vorherige Überprüfung im Felde.

Wenn immer möglich wurden die einzelnen Profile durch direktes Anlegen des Meterstabes ausgemessen. Wo die Aufschlußverhältnisse zu schlecht waren, wurde die scheinbare Mächtigkeit mit dem Meßband aufgenommen, wobei anhand von Azimut und Neigung der Profilsuren und der Schichtflächen die wahre Mächtigkeit ermittelt wurde.

Die Auswertung des gesammelten Materials (insgesamt ca. 400 Handstücke und Mergelproben) erfolgte am Geologischen Institut der ETH und der Universität Zürich.

Etwas mehr als 200 Mergelproben wurden geschlämmt und hauptsächlich nach ihrem Inhalt an Ostracoden untersucht. Die Makropaläontologie wurde weitgehend vernachlässigt, mit Ausnahme der Ammoniten. – Da die untersuchten Schichten einem relativ kurzen Zeitraum entsprechen (*transversarium*- und *bimammatum*-Zone), war nicht zu erwarten, daß eine Revision der Lamellibranchiaten, Gastropoden oder Echinodermen wesentliche stratigraphische Ergebnisse liefern würde. Am ehesten hätten vielleicht noch die Brachiopoden zu einer brauchbaren Gliederung geführt.

Petrographisch wurden die Gesteine in An- und Dünnschliffen untersucht.

Die stratigraphischen Korrelationen in dieser Arbeit beruhen hauptsächlich auf lithologischen Untersuchungen. Im Zweifelsfalle jedoch wurden stets die mikropaläontologischen Resultate zu Rate gezogen.

5. Lithologisch-stratigraphische Gliederung des Lusitanian im Untersuchungsgebiet

Aus dem unten aufgeführten Schema (Fig. 1), aber auch aus den Faziesprofilen (Tafeln II–VI) geht eine Gliederung in drei Faziesbereiche hervor:

1. NW Hinterriff bzw. sehr seichte Plattform, ohne Ammoniten
2. Riffgürtel
3. SE Übergangszone gegen das offene Meer, mit Ammoniten

Die Grenzen dieser drei Faziesgebiete verschieben sich im Verlauf des Lusitanian von NW nach SE.

Wie die Untersuchungen von P. A. ZIEGLER zeigten, ist die konventionelle «Sequan»-Untergrenze deutlich heterochron. Dies führte natürlich bei den kartierenden Geologen zu recht unterschiedlichen Auffassungen über die Grenzziehung zwischen den einzelnen «Stufen».

Wie aber auch aus der vorliegenden Arbeit hervorgeht, handelt es sich beim seitlichen Wechsel von der Mergelfazies zur Korallenfazies nicht allein um ein Problem, welches sich im «Argovien/Rauracien» abspielt; vielmehr stellt das «Séquanien», wie wir es zur Hauptsache im zentralen Schweizer Jura finden, eine natürliche Weiterentwicklung der «Hinterriff-Fazies» dar, wie sie sich im «Rauracien» in gewissen Regionen abzuzeichnen beginnt. Aus der Verflechtung dieser beiden z. T. recht willkürlich abgegrenzten Formationen geht hervor, daß nur eine Besprechung als Ganzes gerechtfertigt war. – In Zukunft sollten deshalb Begriffe wie «Argovien» = mergelige und kalkige Bildungen der Vorderriff-Fazies; «Rauracien» = koralligene und detritische Riffkalke; «Séquanien» = mergelige, z. T. Hinterriff-Fazies mit terrigenen Einflüssen, nur noch als lithologische Abteilungen («formations») benützt werden. – TRÜMPY (Vorlesungen an der ETH) verwendet, einstweilen noch provisorisch, den Begriff Argovian s. l., wobei er ihn, entgegen der historischen Definition von MARCOU, bis zur *planula*-Zone (= Wangenerschichten) ausdehnt. – Das «Corallien» D'ORBIGNY ist schlecht definiert und befriedigt als Stufenbezeichnung keineswegs.

P. A. ZIEGLER schlägt vor, die von E. HAUG (1910) aufgestellte Bezeichnung Lusitanian als Sammelbegriff für den Abschnitt zwischen den Zonen des *Cardioceras cordatum* und des *Streblites tenuilobatus* (exklusive) anzunehmen. Dem gegenüber besteht die Bezeichnung «oberes Oxfordian» von ARKELL (1956).

Da aber P. A. ZIEGLER sein «Séquanien» nach L. ROLLIER definiert hat, umfassen seine Untersuchungen lediglich die *bimammatum*- und *planula*-Zonen, d. h., sein Lusitanian p. p. entspricht dem von HAUG definierten «Lusitanien», in welchem auch der untere Teil der *tenuilobatus*-Zone, d. h. das eigentliche «Sequan» des Typusgebietes, einbezogen war, nicht zur Gänze.

Bei dieser Gelegenheit muß auf die mißbräuchliche Verwendung des Begriffes «Séquanien» hingewiesen werden. Im Schweizer Jura umfaßt das «Sequan» die beiden obgenannten Zonen, während es an der Typuslokalität in die *planula*- und *tenuilobatus*-Zonen gestellt werden muß.

Der von W. J. ARKELL (1956) vorgebrachte Vorschlag – die Ausdehnung des Oxfordian s. l. bis zur *tenuilobatus*-Zone – befriedigt ebenfalls nicht ganz, weil der englische Oxford-clay bis zur *mariae*-Zone

(inkl.) reicht. An der Typuslokalität des Oxfordian umfaßt das «Corallian» die *cordatum*- und *plicatilis*-Zonen; in Dorset hingegen steigt es bis zu den Äquivalenten der *planula*-Zone auf (CALLOMON, 1960).

Selbst in den südlichsten Regionen unseres Untersuchungsgebietes, wenn auch bei stark reduzierter Mächtigkeit des Oxfordian, konnte die *cordatum*-Zone beobachtet werden. Im gesamten nördlichen Berner Jura ist das Terrain à Chailles gut entwickelt. Das Oxfordian s. str. scheint also im gesamten zentralen Schweizer Jura vorhanden zu sein.

Im Verlaufe dieser Arbeit soll nun provisorisch der Begriff Lusitanian für das obere Oxfordian s. l. verwendet werden². Das Lusitan umfaßt von unten nach oben folgende Zonen:

1. *Perisphinctes plicatilis* (SOW.)

in England von J. CALLOMON, 1960, in 3 Teilzonen unterteilt

a) *Cardioceras (Vertebriceras) vertebrale* BUCK.

b) *Perisphinctes (Dichotomosphinctes) antecedens* SALF.

c) *P. (P.) parandieri* (DE LOR.)

Der Typus dieses Leitammoniten stammt aus den Liesberg-Schichten.

2. *Gregoryceras transversarium* (QUENST.)

Nach J. CALLOMON (mündliche Mitteilung) ist diese Hauptzone sehr wahrscheinlich jünger als die englische *plicatilis*-Zone.

a) *G. t.* s. str. (Birmenstorferschichten)

b) «*Amoeboceras alternans*» (v. BUCH) (Effingerschichten und Übergangskalke).

A. a. ist wahrscheinlich nicht leitend für diese Teilzone.

3. *Epipeltoceras bimammatum* (QUENST.)

a) *E. b.* s. str. (Vorbourg-Kalk, «unteres und oberes Séquanien»)

b) *Idoceras planula* (HEHL)

Zeitlich entspricht das Lusitanian dem oberen Oxfordian von ARKELL oder dem Argovian s. l. (TRÜMPY, provisorisch) und umfaßt folgende lithostratigraphische Einheiten («formation» im angelsächsischen Sinne): «Argovien»/«Rauracien» und «Séquanien»³. Es sind dies lithologisch definierte, oft heterochrone Gesteinskomplexe, die sich beim Kartieren leicht ausscheiden lassen.

Bei der geringen Ammonitenführung der Kimeridgekalke im zentralen Schweizer Jura bleibt die obere Begrenzung des Lusitanian vorläufig noch auf lithologische Kriterien beschränkt. Auch diese scheint nach P. A. ZIEGLER nicht streng synchron zu sein.

² Ein internationales Kolloquium, welches 1962 in Luxemburg geplant ist, soll sich u. a. mit den Stufenbezeichnungen für das obere Oxfordian s. l. auseinandersetzen.

³ Zur besseren Unterscheidung wurde für die Stufenbezeichnung die Endung «-ian» gewählt, während für die Formationsbezeichnung die französische Endung «-ien» beibehalten wurde.

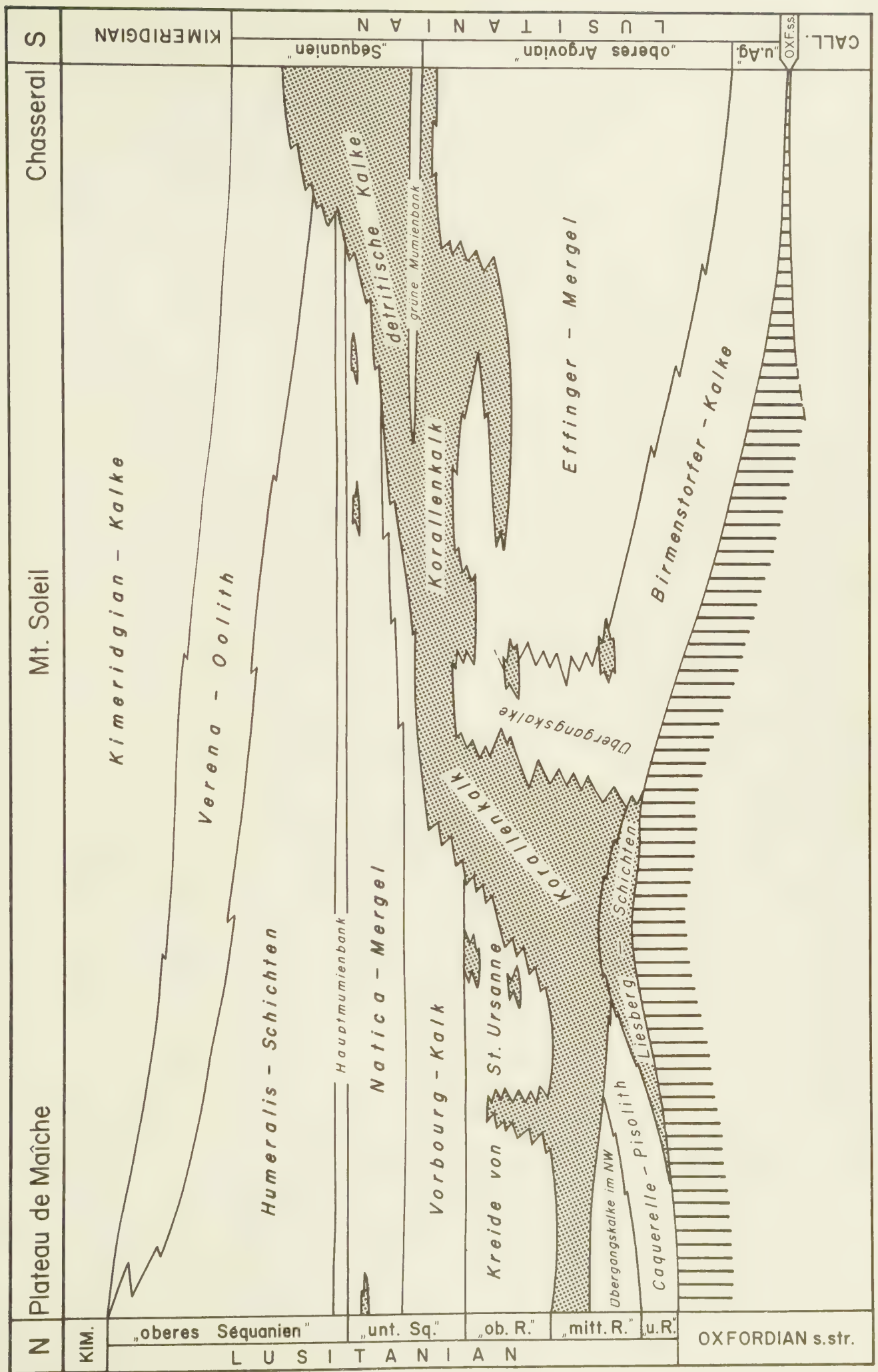


Fig. 1 Schematisches Faziesprofil durch den zentralen Schweizer Jura

NORDEN				SÜDEN			
KIMERIDGIAN		Kimeridge-Kalke	KIM.	Kimeridge-Kalke	KIM.	Kimeridge-Kalke	
LUSITANIAN p. p. ARGOVIAN s. l. OBERES OXFORDIAN s. l. (ARKELL)	«ob. Sq.»	Verena-Oolith? Humeraliskalk Humeralismergel Hauptmumienbank	«ob. Sq.»	Verena-Oolith Humeraliskalk Humeralismergel Hauptmumienbank	«Séquanien»	Wangenerschichten «Spatkalk» Korallenkalk	H.-Mb. Korallenkalk
	«unt. Sq.»	Naticamergel Vorbouurg-Kalk	«unt. Sq.»	Naticamergel Vorbouurg-Kalk		Nat.-Mergel Vorb.-K. Korallenkalk	Nat.-Mergel Vorb.-K. Korallenkalk
	«o. R.»	Kreide von St-Ursanne	«Rauracien»	Korallenkalk	«ob. Ag.»	Korallenkalk	Korallenkalk
	«m. R.»	Korallenkalk Übergangskalk im NW		Korallenkalk		Übergangskalk – Effingermergel	Übergangskalk – Effingermergel
	«u. R.»	Caquerelle- Pisolith Liesberg-Schichten		Liesberg-Schichten	«unt. Ag.»	Birmenstorferkalke	Birmenstorferkalke
OXFORDIAN s. str. UNTERES OXFORDIAN s. l.		Terrain à Chailles	OXF.	Terrain à Chailles	OXF.	Terrain à Chailles (z. T. red. Oxfordian)	

Fig. 2. Generelles stratigraphisches Schema für den zentralen Schweizer Jura.

I. Das Lusitanian im nordwestlichen Faziesbereich

(z. T. Hinterriffzone)

Vergleiche Tafeln II–V sowie die entsprechenden Detailprofile.

1. Die Caquerelle-Pisolithe und ihre Verbreitung

= oolithe pisiforme (ROLLIER, 1898)

ROLLIER (1898) beschrieb dieses Gestein erstmals und definierte es folgendermaßen: «C'est une oolithe pisaire (pisiforme) des mieux conformées. Les fossiles sont tous triturés et leurs débris ont servi de point d'attache aux concrétions calcaires. Ce niveau se rattache au litoral sous-vosgien du Rauracien plus que tout autre point du Jura septentrional...» KOPY (1892) vergleicht diese Formation in der Ausbildung mit der Dalle nacrée. Nach LAUBSCHER (1948) handelt es sich bei diesem Gestein um eine oolithische Kalkfolge mit auffällig grobem Korn (bis 5 mm). Im E der Combe Chavat finden sich eigentliche Mumienbänke mit Mumien bis zu 2 cm Dm. Verkieselungen sind hier noch häufig. Auch Bänke von Echinodermenbreccien schalten sich ein. KELTSBORN (1944) beobachtet Mumienbänke mit bis zu 2 cm großen Ooiden bei Malcôte (westlich Asuel). Die übrigen Beschreibungen dieses Gesteins sind meistens allgemeiner Art und sagen höchstens etwas über seine Verbreitung aus.

Der Caquerelle-Pisolith-Gürtel scheint eine minimale Breite von 2–3 km zu besitzen (Tafeln VII und VIII). Wie aus der Literatur hervorgeht (ROLLIER, 1898; LINIGER, 1928; SCHNEEGANS, 1934; BITTERLI, 1945; LAUBSCHER, 1948; TSCHOPP, 1960, und DIEBOLD, 1960), dürfte die maximale Breitenausdehnung dieses Pisolith-Gürtels mit 8–10 km veranschlagt werden.

Unten werden die Pisolithe begrenzt durch das Terrain à Chailles des Oxfordian s. str., z. T. auch durch die Liesberg-Schichten. Oben stoßen sie an die kreidigen Kalke und Oolithe von St-Ursanne.

Nach PETTJOHN (1949) könnte diese Kalkfolge generell als oolithischer Calcarenit bezeichnet werden. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 10 und 35 m. Der Pisolith weist sehr unregelmäßige Ooiddurchmesser auf. Im unteren Abschnitt sind diese meist kleiner (ca. 2–4 mm Dm.), in höheren Lagen treten aber auch 5–8 mm und nicht selten bis 1 cm große Ooide und z. T. eigentliche Mumien auf. Diese Mumien stellen Kalkknöllchen dar, welche meistens ein Schalenstückchen oder ein ganzes Fossil als Kern besitzen. Dieser Kern wird meistens von einer recht dicken oolithischen Hülle umschlossen. Es handelt sich wahrscheinlich um kleine Kalkalgenknollen, wie sie von E. GASCHÉ (1956) aus dem «Séquanien» beschrieben wurden. Die Gestalt der Mumien ist meistens kugelig und entsprechend der Form des Kerns oval bis länglich oval. Die Pisolithe sind meist ellipsoidisch bis kugelig und äußerst selten gelappt. Als Ausgangskern für die Mumienbildung kommen neben detritischem Kalk auch Trümmer von Bivalven, Gastropoden, Bryozoen, Echinodermen und Crinoiden vor. Derselbe Detritus kann aber auch unüberkrustet zwischen den Ooiden und Mumien vorkommen (Abb. 1).

In den basalen oder kleinoolithischen Schichtlagen treten auch Serpeln auf. Das Bindemittel ist vorwiegend kalzitisch-kristallin und nur selten aus primärem, feinkörnigem Kalk. Die Farbe des Gesteins variiert im frischen Bruch zwischen hellbraun bis bläulich-grau. Im angewitterten und ausgebleichten Zustand überwiegen die helleren Farben. Makroskopisch erscheint das von Crinoiden- und Echinidentrümmern durchsetzte Gestein weiß gesprenkelt. Die Mumien selbst weisen gegenüber der Grundmasse oft eine etwas hellere Farbe auf.

Dieser Gesteinstyp deutet auf eine Bildung im riffnahen oder jedenfalls sehr seichten Bereich hin. Ein Analogon dafür finden wir in den dolomitischen Pisolithen im Perm von Texas. Hier treten sie im Hinterriffbereich in Nähe des Riffs, vergesellschaftet mit Calcareniten, auf (NEWELL, 1953). Der organische Detritus entstand in der Brandung oder wurde durch eine Meeresströmung hertransportiert. Die Abrollung

des zertrümmerten Materials läßt auf eine Umlagerung in der Brandung schließen. Der Lebensraum dieser Fauna dürfte nicht weit entfernt gewesen sein, so daß es sich eher um eine Biocoenose handelt. Der Fossilinhalt spricht für eine seichte See mit normalem Salzgehalt.

In Riffnähe treten im Detritus auch kleine Korallentrümmer auf. Der Caquerelle-Pisolith geht seitlich in Korallenkalk über. Wir können diese Übergänge im Bachgraben westlich Seigne Dessous, südwestlich von Montmelon, beobachten. Ein zoogener, fossilreicher Calcarenit, welcher stark von Gastropoden durchsetzt ist, geht ziemlich plötzlich in einen Korallenkalk über. Die Gastropodenschalen weisen noch einige Verkieselungen auf. Ein anderes Beispiel für diese Übergangszone finden wir im Profil Liesbergmühle. Wir sehen hier einen gelbbraunen, groboolithischen Kalk, der reich an spätigen, zoogenen Trümmern ist. Dazwischen treten kleinere Korallenstöcke auf. Nach oben geht diese Serie mehr in einen grobgebankten, feinkörnigen Oolith über.

Im Profil Montandon (F), Nr. IV/46, beobachten wir einen allmählichen Übergang aus dem Terrain à Chailles in den Caquerelle-Pisolith. Ein braungrauer Ton geht hier in einen gleichfarbigen, mergeligen Kalk über. Dieser zerfällt durch Verwitterung zu einem knolligen, rostroten Ooid-Grus. In der oberen Hälfte des oolithischen Abschnittes tritt eine ca. 30–40 cm mächtige Bankung auf. Das Gestein ist hier von kleineren, weißlichen, spätigen Fossiltrümmerchen durchsetzt. An Fossilien wurden nebst «irregulären Seeigeln» und Lamellibranchiern auch einige schlecht erhaltene Bruchstücke von Perisphincten gefunden. Es zeigen sich hier offenbar die Einflüsse der nahen «argovienartigen» Mergel und Kalke, die hier erst höher im Profil auftreten.

Gute Aufschlüsse der Caquerelle-Pisolithe befinden sich bei Liesbergmühle (I/1), Soyhières (II/14), Chapelle de Vorbourg (II/15), Côte du Frêne (III/26), St-Ursanne (III/27), Montandon (F) (IV/46) und Mouillevillers (F) (IV/47).

2. Die Übergangskalke aus dem NW-Ablagerungsraum

Um St-Hippolyte (F) finden wir Aufschlüsse, die in NW-Richtung am weitesten vom Riffgürtel entfernt sind.

In den Profilen von Mouillevillers (F), Nr. 47, und Montandon (F), Nr. 46, konnten über dem Caquerelle-Pisolith ein graubrauner Mergel bis kalkiger Mergel und Bänke von mergeligem Kalk beobachtet werden, welche stark den Übergangskalken im S gleichen. Diese Serie hat hier eine Mächtigkeit von ca. 14 m. Bei Mouillevillers wurden Perisphinctenfragmente gefunden. In den Profilen Mouillevillers und Montandon konnten stark verkieselte Bänke (Spongolithe) mit Lamellibranchiern festgestellt werden (Abb. 10). Sonst aber sind diese Schichten eher fossilarm. Mikropaläontologisch konnten keine Informationen erbracht werden.

P. FALLOT und G. CORROY (1931) erwähnen westlich von St-Hippolyte beim Signal de Montaigne «Argovienfazies», welche die groboolithischen Bildungen des Glypticien überdeckt. Nach oben gehen diese Mergelkalke in korallenführende Kalke über, in einen Ausläufer des Riffkalkes.

Anhand der stratigraphischen Stellung und der Perisphinctenfunde dürfen wir hier «Argovienfazies» annehmen, zumal es sich bei unserem Riff lediglich um eine relativ schmale Riffbarre gehandelt haben muß, welche sich als teilweise Trennung zwischen zwei Becken (Pariser Becken und voralpiner Trog) mit ähnlicher Sedimentation geschoben haben muß.

Es ist sehr wohl möglich, daß diese Sedimente, obwohl ihre Mächtigkeit noch gering ist, den «Equivalents du faciès argovien» von A. CAIRE (1951) entsprechen.

Da in N- und NW-Richtung die Ausläufer des marinen Pariser Beckens folgen und auf weite Distanz noch kein Festland zu erwarten ist, hält es vorläufig noch schwer, von einer eigentlichen «Hinterriff-Fazies» zu sprechen.

3. Die kreidigen Kalke und Oolithe von St-Ursanne und ihre Verbreitung (Kreide von St-Ursanne)

Seit alters her wird das «Rauracien» der Hinterriffzone in drei Unterabteilungen aufgegliedert. Für die kreidigen Bildungen, wie sie z. B. in St-Ursanne auftreten, ergaben sich im Laufe der Zeit eine Anzahl von Bezeichnungen: Calcaire à Nérinées, Zoantharien et Dicératien oder oberes Rauracien. Dieser letzte Ausdruck, welcher von Koby (1889) verwendet wurde, ist heute noch gebräuchlich. Das obere Rauracien beginnt nach Koby mit dem Auftreten der ersten Korallen. Dies führte natürlich, bei dem sich oft verlagernden Wachstum eines Korallenriffes, zu Unklarheiten. Da aus den Faziesprofilen (Tafeln II–V) hervorgeht, daß die Untergrenze der Kreidebildungen heterochron ist und der Begriff «Rauracien» nur als Fazies-

bezeichnung benützt werden sollte, wird als neue Bezeichnung «Kreide von St-Ursanne» vorgeschlagen. Als Typuslokalität wird das klassische Profil beim Bahnhof St-Ursanne betrachtet (Profil Nr. III/27).

Diese fossilreichen Schichten wurden im vorigen Jahrhundert von F. Koby und P. de Loriol intensiv untersucht. Die berühmten Fundstellen, die diesen Autoren ihr Material lieferten, liegen im Gebiet des heutigen Steinbruches bei St-Ursanne, ca. 150 m SSE La Caquerelle und ungefähr 500 m SW Tariche (3,5 km südlich von St-Ursanne).

Beim starken lateralen und vertikalen Wechsel dieser lokalen Fazies ist es schwierig, eine allgemeingültige Gliederung dieser Kreidebildung aufzustellen. Eine kurze Beschreibung des Profils von St-Ursanne vermag einen allgemeinen Eindruck dieser Schichten zu geben:

Im unteren Teil des Profils sind vorerst typische Mumienbänke zu erkennen. Sie führen jedoch da und dort Einzelkorallen. Gegen oben ist ein allmählicher Übergang in einen gelblich-weißen, groben Oolith (3–4 mm Dm.) festzustellen. Eine Ähnlichkeit mit dem Caquerelle-Pisolith ist unverkennbar. Als Kerne der Pisolithe treten Korallen, Crinoiden und Bivalventrümmern auf. Darüber folgen ca. 6,5 m mächtige, kreidige, nicht sehr dicht gepackte Oolithe mit k. k. Bindemittel. Das Bindemittel wird z. T. auch von wolkig eingestreuten Calcarenit gebildet. Die Größe der meist wohlgerundeten Ooide schwankt zwischen 1,5 und 3 mm. Die hangenden 30–35 m bestehen aus porösen, meist hellen, elfenbeinfarbenen, sehr reinen Kalksteinen von kreidigem, oft schaumigem Aussehen. Einem Gutachten von C. Schmidt (1898) entnehmen wir folgende Analysenwerte:

CO ₂ H ₂ O	43,89%
SiO ₂	0,06%
Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	0,01%
CaO	56,00%
MgO	0,07%

Die absolute Porosität beträgt 25,64%. Seine Druckfestigkeit ist relativ gering; sie beträgt ca. 300 kg/cm² (de Quervain und Gschwind, 1949). Im großen, ca. 15 m hohen Stollen werden diese flach liegenden Schichten von der «Fabrique de Chaux de St-Ursanne» ausgebeutet.

Diese porösen Kalke sind, wenn sie außer dem Bereich der Grundfeuchte sind, recht verwitterungsbeständig, wurden sie doch schon im 12. Jahrhundert zum Bau der Stiftskirche in St-Ursanne verwendet.

Sie sind fast ungeschichtet und weisen keine Bankungsfugen auf. An der Oberfläche sind sie recht bröckelig und wittern deshalb stark zurück. In ihrem unteren Teil weisen die kreidigen Kalke zahlreiche Korallenstöcke auf. Es finden sich hier nebst kugeligen bis gut faustgroßen Korallen häufig gerollte Trümmer von Nerineen und anderen Fossilien. Daneben kommen aber auch vereinzelt bis metergroße, feinästige Korallenformen vor. Das Bild, das wir hier sehen, zeigt recht deutlich, wie die Biocoenose am Innenrand des Riffigürtels ausgesehen haben mag. In der allerdings nur schwachen Brandung lebten relativ kleine Korallenstöcke und andere Organismen, wie Solenoporaceen mit ähnlichem, gedrungenem, kugeligem Habitus. Dazwischen kommen die zerschlagenen und gerollten Trümmer von Korallen, Nerineen und Lamellibranchiern (= bioklastische Kalke) vor. Im oberen Teil wird die Kreide feiner; es treten keine Fossiltrümmer auf. Man könnte hier eher von einem feinen Calcarenit sprechen. Eine Bankung fehlt immer noch. In den obersten 6–8 Metern treten gehäuft meist wohl erhaltene, kleinere Nerineen auf. Der Übergang in die Vorbourgen-Kalke ist recht scharf. Vor allem heben sich in diesem Raume die resistenten, hangenden Kalke deutlich von den weichen, liegenden Kreidekalken ab. In Riffnähe läßt sich eine zunehmende Verfestigung der Kreide feststellen. Es treten hier mehr oder weniger gut gebankte, weißliche bis dichte Kalke auf, welche denselben Fossilinhalt wie die Kreide aufweisen (Profil Châtillon, Nr. II/7; Sauley, Nr. III/37).

Da in der Literatur genauere Angaben über das Vorkommen dieser Kreidebildung fehlen, läßt sich ihre Verbreitung nur lückenhaft feststellen. Im nördlichen Berner Jura finden sie ihre südliche Begrenzung durch die Korallenkalken. Die Grenzlinie wird durch folgende Ortschaften fixiert: Plateau von Dittingen-Blauen (Bitterli, 1945)–Bärschwil–Choidez–Undervelier–Vautenaivre–Charmauvillers (F). Angaben aus dem Plateau de Maiche fehlen. Erst am südlichen Tunneleingang im Bois d'Orchamps, 3,5 km NNE von Gilley (F), finden wir wieder dieselben koralligenen, bioklastischen Kalke wie an der Caquerelle. Es scheint sich zwar hier eher um eine intraregionale Bildung zu handeln, treten doch im N wie im S an ihrer Stelle echte Korallenkalkbildungen auf. Diese Fundstelle wird schon 1893 von A. Jaccard beschrieben.

Er betrachtet damals die darüberliegenden z. T. gut geschichteten, mergeligen Kalke als zum Astartien (= «Séquanien») gehörig. Diese Schichten scheinen jedoch eher in die Zonen 12–15 des Profils Chaumont de Gilley (F) zu passen, d. h. irgendwo in die höhere Korallenkalkzone, möglicherweise in der Nähe des Riffrandes. Die Verbreitung der Kreidebildung gegen NW ist ungewiß. Mit einiger Sicherheit erstreckt sie sich bis gegen Liegsdorf (F) (GILLET und SCHNEEGANS, 1933) und in die Umgebung von Porrentruy (A. SCHNEIDER, 1960). Bei Mouillevillers (F), südlich St-Hippolyte, konnten sie ebenfalls beobachtet werden. Die Entstehung der St-Ursanne-Kreide ist recht problematisch.

Ein Vergleich mit den oberkretazischen Schreibkreidebildungen von England scheint unzweckmäßig, handelt es sich doch bei diesen hauptsächlich um pelagische Ablagerungen, während unsere Formationen deutliche Anzeichen für seichte Lagunensedimente aufweisen.

Analoge zu rezenten Riffen finden sich sowohl im Great Barrier Reef wie auch auf dem Sahul-Schelf oder auf dem australischen West-coast-Schelf. – R. W. FAIRBRIDGE (1950) versteht unter «lagoon limestones» kreidige Mergel, die in den meisten Lagunen mit Riffkalcken vergesellschaftet vorkommen, so z. B. auf den Houtman's Abrolhos Islands (W-Australien). Diese Atollgruppe erhebt sich hier über einen flachen Schelf von ca. 45 m Meerestiefe. – Aus der klassischen Bohrung von Funafuti (W Pazifischer Ozean) sind ebenfalls Kreidebildungen neben Korallenkalken und Foraminiferensanden aus einer Tiefe bis zu 200 m bekannt geworden (H. S. LADD, 1950). Bemerkenswert ist, wie hier mit zunehmender Tiefe allmählich der Aragonitgehalt abnimmt. Bis zu 30 m Tiefe überwiegt er, von 45 m Tiefe an abwärts fehlt Aragonit ganz und wird durch Kalzit ersetzt; dabei kann jedoch keine wesentliche Konsolidierung des Gesteins festgestellt werden. – Ähnliche Verhältnisse finden wir aber auch auf der seichten Great Bahama Bank, westlich der Insel Andros. Die 10-m-Isohypse wird hier über riesige Flächen kaum unterschritten (ILLING, 1954).

Es ist nicht anzunehmen, daß allein eine große Porosität, d. h. eine fehlende oder schlechte Zementierung allein, als Kriterium für eine primäre Kalzitsedimentation betrachtet werden darf, wie dies CAYEUX (1935) und CAROZZI (1953) tun, zeigt es sich doch, daß die chemische Abscheidung im Seichtwassermilieu immer primär aragonitisch ist. Für die Umwandlung von Aragonit zu Kalzit, ohne Bildung von Sekundärzement, muß eine besondere, vorderhand noch unbekannte Modalität angenommen werden. Vielleicht besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen der Ausbreitung der Kreide von St-Ursanne und derjenigen des Vorbourg-Kalkes?

Zusammenfassend dürfen wir sicher ein seichtes Wasser mit erhöhter Wassertemperatur in tropisch bis subtropischem Klima annehmen, in welchem es zu einer reichentfalteten Hinterriff-Fauna mit Korallenwachstum kam. In dieser seichten Lagune entstanden Regionen mit ausgesprochener Oolithbildung; daneben bestanden aber auch Zonen, in welchen die bioklastischen Sedimente überwogen. Die chemische Sedimentation von Aragonitschlamm und -sand, die gewiß einen wesentlichen Anteil an den Kreidebildungen übernimmt, darf dabei nicht außer acht gelassen werden.

In folgenden Profilen ist die St-Ursanne-Kreide gut aufgeschlossen: Côte du Frêne, Nr. III/26; St-Ursanne, Kalkfabrik, Nr. III/27; Foradrai, SW Glovelier, Nr. III/33; Mouillevillers (F), Nr. IV/47; Vaute-naivre, Nr. IV/50; Charmauvillers (F), Nr. IV/52. Die Profile von Liesbergmühle, Nr. I/1; Chapelle de Vorbourg, Nr. II/15; Esserteux bei Choindez, Nr. II/16, und Saulcy, Nr. III/37, geben einen guten Eindruck der «riffnahen» verkalkten Fazies der Kreide von St-Ursanne.

4. Die Vorbourg-Kalke⁴ und ihre Verbreitung

Synonyme: = Calcaires pauvres (L. ROLLIER, 1894)
= Plattige Kalke (H. LAUBSCHER, 1948)
= Plattenkalke (P. A. ZIEGLER, 1956)

⁴ Mit dem Namen «Plattenkalk» werden recht verschiedenartige Schichten bezeichnet. So existiert ein «Plattenkalk» im oberen Muschelkalk des östlichen Schweizer Juras. Ein weiterer «Plattenkalk» ist aus dem Nor der «Quaternals-Decke» bekannt. Die Schaffhauserschichten aus dem Malm zeta werden im Gegensatz zum liegenden Massenkalk ebenfalls als «Plattenkalk» bezeichnet. W. EPPRECHT (1946) schlug anstelle des Ausdruckes «Mergelband», welches den unteren Quintnerkalk vom oberen trennt, den Begriff «Plattenkalk» vor. Der von LAUBSCHER (1948) eingeführte Name «Plattige Kalke» wurde von P. A. ZIEGLER (1956) in «Plattenkalk» abgekürzt. Dieser Name scheint jedoch ungeeignet. Es wird deshalb als neue Bezeichnung «Vorbourg-Kalk» vorgeschlagen. Als Typuslokalität wird der Aufschluß bei Chapelle de Vorbourg (Profil Nr. II/15, Zone 5–6, Koord. 593850/247625) vorgeschlagen. Eine Typuslokalität bestand bisher weder für die «Calcaires pauvres» noch für die «Plattigen Kalke».

Die dichten Kalke, die oft ein plattiges Aussehen haben, wurden, je nach ihrer lithologischen Ähnlichkeit zum Hangenden oder Liegenden, bald ins «Séquanien», bald ins «Rauracien» eingegliedert. Mit den Sedimenten der «Argovienfazies» kommen sie als echte Hinterriffbildung verständlicherweise nie in Kontakt. Besonders da an der Basis dieser Vorbourg-Kalke da und dort geringmächtige, kreidige Einschaltungen sowie helle, splittige Kalke auftreten, ist es zu verstehen, daß eine Anzahl von Autoren diese Kalkserie dem Liegenden zuordnete. Ihre Ähnlichkeit mit dem Hangenden wird rein äußerlich durch das Auftreten von Mergelbändern, vor allem in den höheren Abschnitten, unterstrichen.

F. KOB (1892), welcher diese Schichten noch nicht speziell mit einem Namen belegte, sah in den Vorbourg-Kalken den typischen Grenzhorizont zwischen «Rauracien» und Astartien und gliederte diese Kalke ins «Sequan» ein. ROLLIER (1894) stellte seine «Calcaires pauvres» ebenfalls an die Basis des «Séquanien». Die Schule von Freiburg i. Br., OERTEL (1913), SCHUH (1914) und HUMMEL (1914), sowie GRAHMANN (Leipzig 1920) schlossen sich ROLLIER'S Ansicht an, während LINIGER (1925) die Vorbourg-Kalke eindeutig ins «Oberrauracien» stellte. Er übernahm für das Gebiet nördlich von Delémont die für das Gebiet um St-Ursanne gebräuchliche Zweiteilung in:

1. Rauracien crayeux
2. Gut gebankte Kalke

Er beläßt die «gut gebankten Kalke» im «Rauracien». An der Vorbourg, wo die Kreide von St-Ursanne nicht mehr typisch entwickelt ist, kann ein gleitender Übergang aus der verkalkten Fazies der Kreide von St-Ursanne zu den Vorbourg-Kalken beobachtet werden. Beide Abteilungen zusammen bilden hier die für den «Rauracien»-Faziesraum typischen Felswände.

GLAUSER (1936) trennte die Vorbourg-Kalke von den Calcaires à Nérinées ab und schied sie als sogenanntes «Oberstes Rauracien» aus. LAUBSCHER (1948) prägte für diese Kalke den Namen «Plattige Kalke», wobei er sie vom «Rauracien» abtrennte. In lithologischer Hinsicht schienen sie ihm jedoch Ähnlichkeiten mit den liegenden «Rauracien»-Kalken zu besitzen. In Anlehnung an LAUBSCHER übernahmen SCHNEIDER (1960), TSCHOPP (1960) und DIEBOLD (1960) dieselbe Unterteilung. P. A. ZIEGLER (1956) hingegen wandelte LAUBSCHER'S Bezeichnung zu «Plattenkalk» ab, sah diese Schichtgruppe jedoch, im Sinne von ROLLIER, als unterste Abteilung des «Sequan» an.

Zwischen der weichen Kreide von St-Ursanne und den Naticamergeln im Hangenden wittern die Vorbourg-Kalke deutlich als Felsrippe heraus. Diese Kalkfolge erreicht im Raume zwischen Chauvillers (F) und Vorbourg eine Mächtigkeit von 20 bis 30 m. Gegen S verringert sich diese auf ca. 10 m; ja z. T. keilen die Kalke seitlich aus, oder sie gehen in die Korallenkalke des Riffes über. Gegen N kann eine unbedeutende Mächtigkeitsverringerung festgestellt werden. Bei Mouillevillers (F) umfassen die Vorbourg-Kalke ca. 18 m; das Profil ist jedoch nicht vollständig. Das Profil «Pont d'Able», im N von Porrentruy, welches A. SCHNEIDER (1960) mit einer vollständigen Mächtigkeit von 7,6 m angibt, umfaßt leider nur den untersten Abschnitt der gesamten Serie. In einem von diesem Autor aufgeführten Profil «Sur le Tunnel», welches ca. 1 km NW der obgenannten Lokalität liegt, konnte ungefähr 17 m über der allerdings schlecht aufgeschlossenen Basis einer der weitverbreiteten Charophytenhorizonte festgestellt werden. Der untere limnische Horizont liegt ca. 5 m unterhalb den völlig mergelig ausgebildeten Naticaschichten. Die Vorbourg-Kalke besitzen also auch hier eine Mächtigkeit von mindestens 20 m.

Generell ausgedrückt, stellen die Vorbourg-Kalke eine Folge von hellen, graubraunen bis hellgrauen, harten, meist splittigen, gut gebankten Kalken dar. An ihrer Basis weisen sie oft noch helle, fast kreidige, geringmächtige Einschaltungen auf. Gegen oben enthalten die Vorbourg-Kalke vermehrt feinsten Quarzdetritus. Im obersten Drittel treten auch quarzsandführende Mergelbänder auf, in welchen zwei Charophytenhorizonte festgestellt werden konnten. Diese Charophytenhorizonte verteilen sich über den gesamten Hinterriffraum, welcher sich über den N und NW des zentralen Schweizer Juras erstreckt (siehe Tafel X).

Die Beschreibung der Vorbourg-Kalke, wie sie an der Typuslokalität auftreten, ist für das ganze Verbreitungsgebiet charakteristisch (Profil: Chapelle de Vorbourg, Nr. II/15, Zonen 5 und 6).

Vorbourg-Kalke:

1. 26,30 m Unten hellbeiger, dichter, splittig brechender Kalk, gegen oben eher bräunlich-grau werdend. An der Basis noch mit vereinzelt Korallenlagen. Zuerst mit höckeriger, angebohrter Schichtoberfläche abschließend (allgemein stark tektonisch zerbrochen).

2. 0,10 m Braungrauer, schmieriger Ton.
3. 0,85 m Braungrauer, grau verwitternder, feinkörniger bis dichter Kalk mit rosarot gefärbten Schlieren. Schichtoberfläche angebohrt und von Fraßgängen durchsetzt.
Dünnschliff:
Grundmasse: kalzitisch, feinkristallin, farblos bis graubraun mit fein verteiltem, meist kantigem terrigenem Detritus.
Anorganischer Detritus: Quarz, Korndurchmesser bis 0,03 mm.
Organischer Detritus: feine Schalenrümmer von Ostracoden. Querschnitte von Foraminiferen und Gastropoden.
4. 0,45 m Unten zunächst noch gelblichweiße, oben eher braune bis dunkel violett-graue Mergellage.
Schlammung: *Pseudocyclamina* sp.
limnische Ostracoden.
5. 0,80 m Grauer, relativ grobgebankter, feinkörniger Kalk mit undeutlichen, kalzitischen Fossiltrümmern.
Dünnschliff:
Grundmasse: kalzitisch, feinkristallin, farblos; terrigener Detritus gleichmäßig über die Grundmasse verteilt.
Anorganischer Detritus: reich an scharfkantigem bis eckigem Detritus. Quarz, Zirkon, Rutil. Korngröße bis 0,09 mm.
Organischer Detritus: feinste Schalenrümmer, aber auch wohl erhaltene Ostracoden und Foraminiferen.
6. 0,60 m Feinlaminiertes, hellgrauer bis gelblich-weißer, körniger Kalk.
Dünnschliff:
Grundmasse: kalzitisch, feinkristallin, farblos bis stellenweise bräunlich verfärbt mit lagenweise eingeschwemmtem, terrigenem Detritus. Die feine Laminierung wird oftmals durch Fraßgänge zerstört; die Hohlräume sind dann von Kalzit erfüllt.
Anorganischer Detritus: Quarz, Markasit. Der Korndurchmesser beträgt bis 0,07 mm.
Organischer Detritus: vermehrtes, lagenweises Auftreten von feinen Schalenrümmerchen.
7. 0,25 m Graugrüner, krümeliger, quarzreicher Mergel.
Schlammung: limnische Ostracoden
Charophyten
8. 0,30 m Grauer Mergelkalk mit einer leicht grünlichen Farbtönung, graugelb verwitternd. Die Schichtoberfläche ist höckerig.
Dünnschliff:
Grundmasse: kalzitisch, feinkristallin, meist farblos, kaum lagenweises Auftreten von terrigenem Detritus.
Anorganischer Detritus: vorwiegend, kantig-splitteriger Detritus, meistens Quarz. Korndurchmesser bis 0,07 mm.
Organischer Detritus: spärliches Auftreten von organischem Material, Foraminiferen. Von kalziterfüllten Wühlgängen durchsetzt.
9. 0,15 m Graugrüner, quarzführender Mergel mit limonitisch-braun verwitternden «Klüften».
10. 1,35 m Hellgrauer, körniger Mergelkalk, oben mit weißlich-grauen, knolligen Mergelschmitzen wechsellagernd.
Schlammung: limnische Ostracoden
Charophyten
Pseudocyclamina sp.
Dünnschliff:
Grundmasse: feinkristallin, kalzitisch, farblos bis bräunlich-grau mit gleichmäßig eingeschwemmtem, terrigenem Material. Eine gewisse Schichtung wird lediglich durch mehr oder weniger horizontal verlaufende Fraßgänge angedeutet; diese sind von grobkristallinem Kalzit erfüllt.
Anorganischer Detritus: scharfkantiger, eckiger Detritus. Quarz, Turmalin. Korngröße vorwiegend um 0,07 mm.
Organischer Detritus: unkenntliche, feine Schalenrümmer.
11. 1,60 m Hellgrauer, dichter, splitteriger Kalk in Bänken von ca. 20 cm Dm., mit welliger Schichtung. In der Mitte etwas gröber gebankt.
Dünnschliff:
Grundmasse: kalzitisch, feinkristallin, farblos bis bräunlich-grau, nur noch spärlich von zyklisch angeordneten, terrigenen Einschwemmungen durchzogen.
Anorganischer Detritus: vorwiegend Quarz, Korngröße liegt um 0,03 mm.
Organischer Detritus: feinste Ostracodenschalen und Querschnitte von Charophyten-Oogonien sowie von Thallus-«Ästchen».

12. 1,80 m Verschüttete Mergelzone.

13. 0,70 m Graubrauner, körniger Kalk.

Naticamergel:

14. 2,70 m Braungelbe Mergellage, nach oben in eine 0,40 m graue Kalkbank mit limonitisierten Ooiden übergehend. Naticidenführend.

Schlammung: *Pseudocyclammina* sp.

Macrodentina (M.) *punctata* (OERTLI, 1957).

Das Profil an der Vorbourg ist insofern nicht sehr günstig, als daraus der Übergang der liegenden, z. T. verkalkten Kreide von St-Ursanne in die Vorbourg-Kalke nicht deutlich hervorgeht. Über der Kreide von St-Ursanne setzten nochmals Korallenkalke ein, die einem Patch-reef in der Zone der Back-reef shoals (HENSON, 1950) angehören (siehe Tafel III und Profil Nr. II 15). Wir finden hier einen unmerklichen Übergang aus dem Liegenden in einen dichten, splittigen Kalk. Die obersten 8 Meter stellen eine Wechselagerung von hellgrauen bis weißlichen, meist recht quarzreichen Mergeln und grauen, häufig feinlaminierten, meist schwächtigen Kalkbänkchen dar. Die Lamination erweist sich im Dünnschliff als feinste zyklische Sedimentation. Lagen mit detritischem Quarz wechseln mit Zonen, die mehr oder weniger frei von terrigenem Detritus sind. Die Dicke der Mikrozyklotheme schwankt zwischen 1 und 5 mm. Sie können aber auch etwas mächtiger sein. Neben detritischem Quarz, der eine Korngröße von 0,05 mm kaum übersteigt, konnten in einer Schwermineralanalyse noch folgende Mineralien bestimmt werden:

Rutil, Zirkon, Mikroklin, Turmalin, Biotit, Muskowit, Glaukonit und Markasit.

Oft wird der regelmäßige Verlauf der Feinschichtung durch schlammfressende Organismen zerstört. Diese feinlaminierten bis blätterigen Kalke wurden von P. A. ZIEGLER (1956) im «Plattenkalk» seiner Profile «Courtételle» und «Choindez» beobachtet sowie am Waldweg S Châtillon. Er findet in ihrer Fazies Anklänge an die z. T. feinblätterigen «Krebsscherenplatten» des «Mittelportlandian». Diese Bildungen dürften auch hier in sehr seichtem Wasser entstanden sein.

L. GLANGEAUD (1944) beschreibt aus dem NE des Pariser Beckens und aus dem Nordjura unter den «Calcaires lithographiques» Sedimente, die unserem Vorbourg-Kalk gleichen. In die Serie II gehörend, werden sie von ihm der Zone des *Epipeltoceras bimammatum* zugeschrieben, was ebenfalls mit unseren Verhältnissen zu übereinstimmen scheint. Diese «Calcaires lithographiques» führen kantigen, terrigenen Detritus von annähernd gleicher Korngröße wie unsere Vorbourg-Kalke. Es werden vor allem Quarzkörner von 30–60 μ Dm. erwähnt. Daneben tritt aber auch Turmalin, Glimmer und Zirkon auf.

Mit dem Einsetzen der ersten Mergellagen treten meistens auch Süßwasserfossilien auf (Abb. 2). Diese limnischen Horizonte wurden erstmals 1957 ca. 20 km NE Pontarlier entdeckt (H. J. OERTLI und M. ZIEGLER, 1958) und konnten seither im gesamten Hinterriffbereich (siehe Tafel X) beobachtet werden.

Die limnischen Horizonte wurden erst anhand der mikropaläontologischen Untersuchungen erkannt. Neben Charophyten treten auch limnische Formen von Ostracoden auf. Nördlich einer Linie, die durch die Ortschaften Mouillevillers (F)–Chauvillers (F)–Berlincourt–Courtételle Vermees verläuft, konnten die Charophyten teilweise in Vergesellschaftung mit Aufarbeitungshorizonten und intraformationellen Breccien beobachtet werden. Diese Breccien sind offenbar ähnliche Erscheinungen wie die «Brèches à cailloux noirs», die von MATTAUER (1958) aus dem Kimeridgian des zentralen Juras beschrieben wurden.

In den Proben von Combottes (F) (Profil Nr. VI/87) konnte *Porochara raskyae* MAEDLER festgestellt werden, eine Art, die im oberen Jura von Westeuropa weit verbreitet ist. Daneben traten noch zwei andere Arten auf, die einerseits *Aclistochara minima* MAEDLER und andererseits *A. latisulcata* PECK glichen. Während die Charophyten fast durchweg gut erhalten sind, sind die Ostracoden meistens in schlechtem Zustand. Herr Dr. H. J. OERTLI, in Pau (F), konnte aus diesem Grunde nur eine fragmentarische Bestimmung des Materials durchführen. Es konnten Ostracoden der Gattung *Darwinula* erkannt werden. Das Vorhandensein der Gattung *Paracyprina* ist möglich. Eine weitere Art gehört möglicherweise zu *Metacypris*.

Die Foraminiferen des Profils Combottes erwiesen sich als wenig typisch. Keine davon besitzt eine beschränkte vertikale Verbreitung. Es sind folgende Formen vorhanden:

Pseudocyclamina jaccardi SCHRODT

Spirillina tenuissima GÜMBEL

Cristellaria quenstedti GÜMBEL

Cristellaria brückmanni MYATLIUK

Die höheren und tieferen Lagen förderten eindeutig marine «Sequan»-Ostracoden.

Im Zusammenhang mit diesen Süßwassereinschaltungen konnten oft Aufarbeitungshorizonte und Omissionsflächen mit Limonitkrusten beobachtet werden, z. B. Profil Chauvillers (F), Nr. IV/48, Zonen 8 und 9; aber auch die Profile Mouillevillers (F), Côte du Frêne und L'Ordon weisen solche Breccien auf (Abb. 3).

CAROZZI (1948) fand die «Couches à cailloux noirs» aus jeglichem Sedimentationsraum mit Charophyten in Verbindung. – Als südlichster Punkt konnten Breccien im Profil Envelier, Nr. I/4, Zone 9, festgestellt werden. Das Niveau solcher intraformationeller Breccien ist nicht konstant; so konnten sie in den tieferen Vorbourg-Kalken, im Kontakt mit Charophytenhorizonten oder auch eindeutig darüber, festgestellt werden.

Der durchschnittliche Dm. der einzelnen Komponenten liegt um 1 cm und weniger (minimal unter 1 mm). Die größten Fragmente, wie sie in Chauvillers gemessen wurden, besitzen jedoch einen Dm. bis zu 3 cm. Die Komponenten der intraformationellen Breccien stammen aus beinahe gleichalterigen Schichten. Sie sind im allgemeinen eckig bis schwach kantengerundet. Dies weist auf eine ziemlich schnelle Einbettung ohne großen vorherigen Transport hin.

Die Breccien können monogenetisch sein. Die Matrix besteht in diesem Falle aus demselben Gesteinstyp wie die Fragmente: z. B. Profil Sous les Errauts, Nr. III/32, Zone 3. Meistens jedoch sind sie monomikt, wie z. B. im Profil Sur le Tunnel, nördlich Porrentruy. Hier sind graubraune bis 1,5 cm große, dichte Kalktrümmer in einem zoogenen Kalk eingebettet, der reich an feinsten Schalentrümmern ist (Abb. 4). Die Komponenten sind hier z. T. stark gerundet und weisen einen dünnen, helleren Verwitterungsrand auf. Ein ähnliches Bild erhalten wir im Profil Envelier, Nr. I/4, Zone 9, nur sind hier die Kalkkomponenten von relativ dicken, hellen Kalkkrusten umschlossen, ähnlich wie bei «Mumien»-Bildungen. Die dritte und häufigste Breccienart enthält verschiedenartige Komponenten. In meist zoogenen Süßwasserkalken treten Gesteinstrümmer aus dichtem Kalk auf. Daneben lassen sich aber auch Komponenten finden, die makroskopisch blaugrau bis graubraun erscheinen; oft sind sie eher schwarz. Im Dünnschliff verlieren sie weitgehend ihre Eigenfarbe. Sie scheinen reichhaltiger an rostig verwitterndem Material zu sein als ihre Umgebung. Ihre Struktur ist oftmals knollig, konkretionär und weist lappig-konzentrische Anwachsstreifen auf (Abb. 5). Zwischen den Zuwachsschalen treten häufig kleine Hohlräume auf, die von Kalzit erfüllt sind. Es sind auch Fälle bekannt, in welchen diese dunkelgrauen Komponenten eher mumienartiges Aussehen besitzen. Den kleineren, meist polygonalen Fragmenten fehlt diese lappige Struktur (Abb. 3).

Ausglühen der Gesteinstrümmer führte zu keiner Farbveränderung des Materials; auch Untersuchungen unter der Quarzlampe brachten keine Hinweise für einen möglichen Bitumengehalt. Der Nachweis von Phosphor blieb ebenfalls erfolglos. Es dürfte sich hier somit weder um Sapropelit noch um Phosphoritknollen handeln, obwohl die Strukturen z. T. gerade diesen letzteren besonders ähnlich sind.

Im Dünnschliff können braune, undeutliche Körner und Schlieren beobachtet werden, die für eine kolloidale Verteilung eines Eisenhydroxyds (Limonit oder Goethit) sprechen. Es können keine Kristallstrukturen beobachtet werden. Selbst in verhältnismäßig geringer Menge vermag Limonit oder Pyrit das Gestein dunkel zu färben (G. FRITZ, 1958). – Ähnliche Erscheinungen signalisiert M. MATTAUER (1958) aus dem französischen Jura aus der Umgebung von Mouthier. MATTAUER führt die Entstehung der Breccien auf kurze, ruckartige, tektonische Bewegungen zurück, die nur zu geringmächtigen Breccienbildungen führten. Er stellte im Kimeridge eindeutige Emersion (Croûtes zonaires) und Süßwasserablagerungen fest. Die Entstehung der «Cailloux noirs» bleibt ihm unklar.

Das Auftreten von «Cailloux noirs» ist nach CAROZZI (1948) an Oszillationen von geringem Ausmaße gebunden. Oftmals gehen sie den Bildungen von bunten Breccien voraus oder folgen ihnen. Bunte Breccien konnten in unserem Untersuchungsgebiet nirgends beobachtet werden. Doch können unsere «Cailloux noirs» im Laufe solcher Krustenbewegungen oder infolge eustatischer Meeresspiegelschwankungen durch kurzfristige Trockenlegungen gewisser Gebiete entstanden sein.

Nach CAROZZI (1953) stellen intraformationelle Breccien weit verbreitete Sedimente dar, die auf keinen wesentlichen Sedimentationsunterbruch schließen lassen. Sie sind meistens geringmächtig und horizontal unregelmäßig verteilt.

Zu den «Brèches à cailloux noirs» von MATTAUER bestehen eindeutige Ähnlichkeiten. Unsere Komponenten scheinen hingegen kleiner zu sein. Breccienbildungen, mit Charophyten vergesellschaftet, konnten in mehreren Aufschlüssen festgestellt werden (siehe Tafel X). Korrelierbare Breccienhorizonte wurden keine beobachtet; vielmehr scheinen sie an verschiedenen Orten und in verschiedenen stratigraphischen Höhenlagen aufzutreten. CAROZZI (1956) und REMANE (1960) berichten Ähnliches über den stratigraphischen Leitwert der intraformationellen Breccien. Auch unsere Bildungen besitzen meistens eine geringe Mächtigkeit. Dünne Limonitkrusten, angebohrte Schichtoberflächen und Fraßgänge sprechen doch für zeitweilige Sedimentationsunterbrüche. Auch Mumienbildungen, wie sie im Profil Envelier (I/4) vorkommen, mögen als Anzeichen für eine verminderte Sedimentation gewertet werden. «Croûtes zonaires» im Sinne von J. DURAND (1952), wie sie von M. MATTAUER (1958) aus dem Kimeridgian des zentralen Juras erwähnt werden, dürften in den vorliegenden Fällen kaum in Frage kommen.

Die Mikrozyklotheme hingegen könnten durch Dekantieren des durch Stürme aufgewirbelten Kalksils entstanden sein, wobei der möglicherweise äolische Quarzsand, der den Kalkschlamm durchsetzte, schneller zu Boden sank (Abb. 6).

Was die auffälligsten Breccienkomponenten anbetrifft, die «Cailloux noirs», so konnten sie nirgends anstehend gefunden werden. Es wird sich jedoch ähnlich wie im Profil «Sur le Tunnel» (Abb. 4) um dünne, partiell konsolidierte Schichten gehandelt haben, welche aus limonitreicheren Kalken bestanden. Diese geringmächtigen Lagen besaßen oft auch konkretionären Charakter (grobtuberolithischer Kalkstein, G. FRITZ, 1958); oft finden wir Anklänge an Strukturen von Algenbildungen, aber auch Fraßspuren von Schlammfressern scheinen nicht zu fehlen. Wenn es sich um eine flachmeerische Ablagerung handelt – und dies darf wegen des zeitweilig ausgesüßten oder brackischen Milieus angenommen werden –, so wäre es aber auch möglich, daß die Ablagerungen durch Wellenschlag aufgewühlt wurden. Rippeln sind aus fast allen Profilen bekannt.

NEWELL (1953) bringt die Aussüßungen und Bildungen von «Cailloux noirs» in Zusammenhang mit einer allmählichen Landwerdung. Die Voubourg-Kalke müssen als Fortsetzung der Seichtwasserablagerungen, der Kreide von St-Ursanne, betrachtet werden. Vergleichbare Verhältnisse finden wir auf der westindischen Insel von Andros, welche von einem äußerst flachmeerischen Schelf umgeben wird. Bei einer seichten Meerestiefe von 2–5 m genügt eine geringe tektonische Hebung oder eine eustatische Meeresspiegelsenkung, um oft sehr große Gebiete über Wasser zu bringen. Eine solche zeit- und stellenweise Trockenlegung von äußerst flachen Inseln ermöglicht die Bildung von Süßwasserseen mit entsprechender Sedimentation und Fauna. So sind unsere limnischen Niveaux durchwegs mit weißlichen, seekreideartigen Mergeln verknüpft. Die schwarzen Breccienbildungen entstanden möglicherweise durch Risse trockengelegten Kalkschlammes. Sicher darf aber auch mit einer Verschwemmung dieser brackisch-limnischen Bildungen gerechnet werden.

Die Verbreitung des Voubourg-Kalkes, auf dem Niveau der Charophyten, ist aus der paläogeographischen Skizze, Tafel X, ersichtlich. Als Hinterriffkalk im Sinne HENSONS verdrängen und folgen sie den Korallenkalken nach S (siehe Faziesprofile I–IV, Tafeln II–V). Bemerkenswert ist das Auftreten von Voubourg-Kalken auch zwischen den Reef-patches, z. B. im Tiergarten bei Vermes, bei Envelier, aber auch am Raimeux de Crémines und bei Combe de Geais.

5. Die Naticamergel

Bei der Besprechung der Naticamergel muß auf die stratigraphische Arbeit von P. A. ZIEGLER (1956) besonders hingewiesen werden. Er beschreibt diese Hinter-«Riff»-Ablagerungen des zentralen Schweizer Juras eingehend. Es soll hier deshalb lediglich das im SW angrenzende Gebiet, welches bis ins Val de Travers reicht, kurz besprochen werden.

Mit ziemlich konstanter Mächtigkeit von 20–30 m lassen sich dieselben Mergel aus dem Osten in unser Gebiet hinein verfolgen. Es sind meistens graubraune Mergellagen, die dann und wann von gleichfarbigen, dünnen Mergelkalkbänklein unterbrochen werden. Oft späte Oolithlagen sind nicht selten. Naticiden und Brachiopoden treten häufig auf. Im Profil St-Sulpice, Nr. VI/92 (SBB), und an der Kantonsstraße

Buttes-Ste-Croix können schöne Brachiopoden-Lumachellen beobachtet werden. In diesen Mergellagen können auch kleinste, kaum 2 m mächtige Korallenbildungen auftreten. Dies bedeutet, daß die Aussüßung nur so lange möglich war, als ein kontinuierlicher Riffgürtel das offene Meer von der Lagune trennte. Im «Sequan» hingegen bestand vor allem im SW-Abschnitt des Untersuchungsgebietes nur noch ein diskontinuierlicher Patch-reef-Saum (siehe Tafel XI).

Da die entsprechenden Aufschlüsse meistens ungenügend sind und diese Zone häufig nur durch einen Wiesengürtel angekündigt wird, ist eine eingehende Besprechung unmöglich.

6. Die Hauptmumienbank

Die Hauptmumienbank (H.-Mb.), die von P. A. ZIEGLER ebenfalls eingehend beschrieben wurde, diente im gesamten Untersuchungsgebiet als Leithorizont erster Ordnung.

Ohne Schwierigkeit ließ er sich ebenfalls bis in den Neuenburger Jura und in die französischen Anschlußgebiete des zentralen Schweizer Juras hinaus verfolgen. Im Felde bedeutete dieser Horizont immer ein leicht und meistens eindeutig erkennbares, stratigraphisches Niveau. Seine Mächtigkeit ist lokalen Schwankungen ausgesetzt: Profil Sagnettes, Nr. VI/92 (NW Couvet), 12,4 m; Profil Les Combottes, Nr. VI/87, 2,3 m. Im allgemeinen scheint jedoch eine Tendenz zur Mächtigkeitsabnahme gegen N zu bestehen.

Im Profil «Passage d'Entrepontes», Nr. VI/90 (NE Pontarlier), ist die Mumienbank stark von Korallenbildungen durchsetzt. Dies deutet wiederum auf die meistens recht enge Verknüpfung von Korallenbildungen und Algen bzw. mit eigentlichen Algenrasen hin.

II. Das Lusitanian in der Riffzone

Vergleiche Tafeln II–VI sowie die entsprechenden Detailprofile.

Wie aus den Faziesprofilen, aber auch aus den paläogeographischen Übersichtsskizzen ersichtlich ist, stellt der Riffkörper ein Gebäude von Korallenkalken dar, welches bei geringer horizontaler Ausdehnung in der Richtung zum Verlauf der Isopen eine beträchtliche Mächtigkeit aufweist. Währenddem die Isochronen in einer Schicht mehr oder weniger parallel verlaufen, schwellen sie im Korallenkalk stark an und weichen im Korallenriff nach «oben» aus. – In unserem Falle jedoch müssen wir eher das Gegenteil davon annehmen, nämlich eine Scharung der Isochronen, besonders wenn wir die Verdichtung («differential compaction») der Mergel nördlich und südlich des Riffes berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit tektonischen Bewegungen finden wir jedoch neben dem vertikalen Wachstum des Riffes auch eine örtliche Verlagerung des Korallengürtels. Dies kommt auf den paläogeographischen Skizzen recht gut zum Ausdruck (Tafeln VII–XI). Es ist deshalb kaum möglich, in allen Teilen des Riffgürtels für das Lusitanian eine allgemeingültige Stratigraphie aufzustellen.

Die Korallenbildungen wurden im Raume der Klusen und an der Caquerelle, wie eingangs bereits erklärt wurde, schon längst erkannt. Ihr Fossilienreichtum, aber auch ihr Auftreten sowie das Wachstum einer solchen gewaltigen Lebensgemeinschaft (Biocoenose) regte immer wieder zu neuen Untersuchungen an. Da diese Arbeiten, die oft mehr lokalstratigraphischen Charakter besitzen, immer wieder an anderen Stellen des Riffkomplexes ansetzen, ist es nicht verwunderlich, daß die Resultate oft recht verschiedenartig ausfielen. Dies führte nicht nur zu anderen stratigraphischen Interpretationen, sondern auch zu einer mannigfaltigen Nomenklatur.

Der von A. ETALLON (1859) geprägte Begriff Glypticien wurde ursprünglich für die Schichten mit *Glypticus hieroglyphicus* (GOLDF.) in der Umgebung von Gay (F) verwendet. Im Laufe der Zeit wandelte sich jedoch der Sinn; so verstehen heute gewisse Autoren darunter eine Unterabteilung des Rauracien (unteres Rauracien) – (LAUBSCHER, 1948; DIEBOLD, 1960; SCHNEIDER, 1960; TSCHOPP, 1960). Diese tritt an der Caquerelle in der bekannten mergeligen, z. T. auch kalkigen Korallenfazies auf.

ROLLIER (1888) wandte sich mit Recht gegen die zoologischen Stufenbezeichnungen wie z. B. Glypticien und führte an deren Stelle den Namen Couches de Liesberg ein. Diese Couches de Liesberg stellten die obere Abteilung des Terrain à Chailles siliceux von GREPPIN (1867) dar. Der Begriff Couches de Liesberg (Liesberg-Schichten) wurde in der Literatur nie gebräuchlich, obwohl er, unabhängig von jeglichem Faziesunterschied, einen recht bestimmten Schichtenabschnitt bezeichnet. Erst 1895 erschien von ROLLIER eine allerdings äußerst generelle Beschreibung dieses Schichtenabschnittes, jetzt zwar unter der Bezeichnung «Glypticien de Liesberg». Diese 28 m mächtige Schichtabfolge dürfte im Profil Nr. I/1, Liesbergmühle, den Zonen 1–3 entsprechen.

Eine bis in die neuere Literatur gebräuchliche Bezeichnung stellen Florigemma-Schichten dar. Es sind Schichten, die, ähnlich wie das Glypticien, nach einem Seeigel benannt werden, nämlich nach dem *Paracidaris florigemma* (PHIL.).

Ein weiterer ebenfalls faziesbezeichnender Name ist Thamnastraeenmergel von O. HUG (1897). Er wurde am Isteiner Klotz geprägt. Mit geringfügigen Abänderungen blieb dieser Begriff für die wenigen mesozoischen Schollen am Ostrande des südlichen Rheingrabens bestehen. WITTMANN (1952) unterteilte die Thamnastraeenschichten in liegende, geringmächtige Thamnastraeenmergel und hangende, mächtigere Thamnastraeenkalken. Als Thamnastraeenkalken bezeichnet F. KABELAC (1955) die mächtigen Korallenkalken, ohne Rücksicht auf das effektive Vorkommen von Thamnastraeen. Eine ähnliche Unterteilung wie

am Isteiner Klotz ließe sich auch im zentralen Schweizer Jura in gewissen Gebieten des Riffes recht gut anwenden; ihre Abhängigkeit vom jeweiligen Faziesraum ist jedoch unverkennbar.

Im folgenden soll deshalb ganz allgemein von Korallenkalcken oder von «Riffwall» (in Anlehnung an den englischen Ausdruck «Reef-wall») die Rede sein, wobei die Frage des Riffes im speziellen noch diskutiert werden soll. Die Liesberg-Schichten bilden an der Basis der Korallenkalke einen durchgängig verfolgbaren Horizont von stark wechselnder Mächtigkeit.

1. Die Liesberg-Schichten und ihre Verbreitung

Die «Couches de Liesberg» (Glypticien de Liesberg) umfassen nach ROLLIER (1895):

Unten: «12 m Marno-calcaires gris, grumeleux, siliceux à crinoïdes, échinides et coraux.»

Oben: «15–18 m Marno-calcaires jaunes siliceux.»

Auch der obere Abschnitt ist jedoch sicher korallenführend und führt reichlich Fossilien (siehe Profil Liesbergmühle, Nr. I/1, Zone 3).

Die Liesberg-Schichten stellen eine maximal 25 m mächtige Folge von unregelmäßig gebankten, grauen bis graubraunen Kalcken dar, die mit dünnen, meist sandigen Mergel- und Mergelkalklagen abwechseln. In dieser Wechsellagerung treten ohne Unterschied bald in den Kalknollen größere, bald in den Mergellagen kleinere, krustige Korallenlagen auf. Die Korallen-«Schwarten» besitzen eine graue, oft aber auch rötliche Farbe. Diese tellerförmigen, oft fingerdicken Korallenlagen geben den sonst ziemlich losen und wenig verfestigten Mergeln einen gewissen Halt.

Der Übergang aus den Mergel- und Mergelkalklagen des Terrain à Chailles vollzieht sich gleitend (siehe Profil Nr. III/26, Côte du Frêne). Wegen des Auftretens der bezeichnenden Korallenfauna werden die Liesberg-Schichten trotz ihrer petrographischen Ähnlichkeit mit dem Liegenden zum «Rauracien» gestellt. Die Grenze zum hangenden Korallenkalk erfolgt fließend. Nach oben werden die Liesberg-Schichten zunehmend kalkiger. Dagegen kann besonders in den nördlichen Abschnitten, nördlich der Linie Liesbergmühle–Chapelle de Vorbourg–St-Ursanne–Chauvillers, eine deutliche Grenze zwischen dem hangenden Caquerelle-Pisolith und den Korallenmergeln beobachtet werden.

Der Fossilinhalt dieser Schichten ist beträchtlich; meistens wittern die verkieselten Fossilien als weißliche Schalentrümmern aus dem Nebengestein heraus. Für die hier besonders reichhaltig auftretenden Korallen sei auf die Arbeit von F. Koby (1892) hingewiesen.

- Echiniden: *Glypticus hieroglyphicus* (GOLDFUSS)
 Paracidaris florigemma (PHILLIPS)
 feine Echinidenstacheln
- Crinoiden: *Millericrinus* sp.
- Lamellibranchier: Pectiniden
 Alectryonien
- Brachiopoden: Terebrateln
 Zeillerien
 Brachiopodenlarven
- Serpeln
- Kleine knollige Lithistiden (Tetracladinen)
- Ophiuren Skelettelemente
- Foraminiferen: Cristellarien
- Ostracoden: *Pontocyprella suprajurassica* OERTLI 1959
 Platylophocythere hessi OERTLI 1959
 Lophocythere cruciata cruciata TRIEBEL 1951
 Cytherella woltersdorfi OERTLI 1959
- Verkieselte Spiculae

Die Verbreitung der Liesberg-Schichten geht aus der Tafel VII deutlich hervor. Einzig auf dem Faziesprofil IV haben wir die gesamte Breite dieses Korallenmergel-Gürtels erfaßt. Um St-Hippolyte (F) ist ein allmählicher Übergang aus dem Terrain à Chailles in die Caquerelle-Pisolithe zu beobachten; untere

Korallenbildungen von der Art der Liesberg-Schichten fehlen im Profil Montandon (F), Nr. IV/46, eindeutig. Erst im Profil Chauvillers (F), Nr. IV 48, treten an der Basis mergelige Korallenkalke auf. Obwohl der Übergang ins Oxfordian nicht aufgeschlossen ist, scheinen hier die Liesberg-Schichten kaum 5 m dick zu sein. Gegen S nimmt ihre Mächtigkeit deutlich zu und übersteigt nördlich des Delsberger Beckens die 20-m-Isopache. Wenig im Süden (ca. 5 km), auf der Linie Vorebourg-Clos du Doubs-Chauvillers, sind sie wieder auf 5 m reduziert. Am Südrand des Delsberger Beckens schwellen sie nochmals bis auf max. 15 m an. Die 10-m-Isopache verläuft mehr oder weniger parallel der Faziesgrenze: über Mervelier-Tiergarten-Choindéz-Mt. Russelin (N Glovelier)-Les Enfers-Charmavillers-Fournet-Blancheroche.

Die Zone mit geringer Mächtigkeit könnte als Schwelle gedeutet werden, auf welcher die Tonsedimentation, durch Strömungen verhindert, in vermindertem Maße stattfand. Im Luv und Lee des Rückens wäre dafür die Schicht zu größerer Mächtigkeit angeschwollen.

Die Profildichte in diesem Raume ist jedoch zu gering, so daß noch keine endgültigen Aussagen gemacht werden können.

Gute Aufschlüsse der Liesberg-Schichten finden sich bei: Liesbergmühle, Nr. I/1; Tiergarten, Nr. I/3; Châtillon, Nr. II/17; Côte du Frêne, Nr. III/26; Mt. Russelin, Nr. III/30; Cerniéwillers, Nr. IV/51; Charmavillers, Nr. IV/52; La Tuilerie, Nr. IV/56 (S Saignelégier); Le Bémont, Nr. IV/55; La Cotote, Nr. V/70, und La Cendrée, Nr. V/69 (NE Fournet-Blancheroche, F).

2. Die massigen Korallenkalke

Unter allmählicher Abnahme der Tonschüttung gehen die Liesberg-Schichten in massive bis klotzige, korallenführende Kalke über. Unten enthalten diese Kalke durchweg noch dieselben, flachen bis tellerförmigen «Korallenschwarten». Nach oben treten vermehrt massigere Formen auf. Die Feinstrukturen der Thamnasterien, welche vor allem an der Basis überwiegen, sind meistens durch die Diagenese verwischt. Die Korallen besitzen im frischen Bruch oft ein etwas dunkleres, leicht rötliches, oft zuckerkörniges Aussehen. In der Anwitterung sind sie resistenter als das fast dichte, feinzogene Nebengestein. Sie geben deshalb dem Gestein ein typisches wulstig «gebanktes», knorriges Aussehen. Das vorwiegend hellere Nebengestein, welches die Räume zwischen den einzelnen Korallenindividuen ausfüllt, ist meistens feinkörnig und von feinstschaligem, organogenem Detritus erfüllt (Abb. 7). Daneben treten aber oft auch unzerstörte Cidarisstacheln sowie ganze Cidariden auf. Vereinzelt Gastropoden lassen sich ebenfalls finden. In höheren Lagen finden wir oft faust- bis kopfgroße Korallen-«Schwarten». Ihre Begrenzung ist vielfach höchst unregelmäßig, ja fast schlieren- bis nebelförmig.

Besonders die höheren Lagen führen Horizonte mit Riffdetritus. In diesen Zonen können die Korallen völlig zurücktreten. Sie werden in solchen Fällen oft durch recht groben, bioklastischen Detritus ersetzt. Wir stellen dann neben zerbrochenen Echinidenstacheln und grobschaligen Bivalvenrümmern feinen, z. T. oolithisch umkrusteten Kalksand bis Schalengrus fest, wie z. B. im Profil «Le Noir Bos», Nr. III/40b, Zone 8. Je nach Lage im Riff, Transport und Ursprung des Materials sowie Sedimentationsgeschwindigkeit finden wir alle Übergänge von feinem, zoogenem Kalk und gleichkörnigem Calcarenit bis zu gröbstem unsortiertem Fossilgrus.

Besonders am Innenrand des Riffes, am Übergang zur Fazies der Kreide von St-Ursanne, ist die Vermischung von bioklastischem Material am stärksten. Wir finden hier neben Korallen, die z. T. noch in situ sind, gerollte Fossiltrümmer jeglicher Art (siehe Beschreibung der Kreide von St-Ursanne, Abb. 8). In höheren Lagen scheinen ruhigere Sedimentationsverhältnisse geherrscht zu haben. Es kann hier meistens eine «verkalkte» Kreide mit relativ hohem Gehalt an fein zertrümmertem, zoogenem Material beobachtet werden. Calcarenite und Oolithe sind in dieser Region üblich (z. B. Profil Station Sauley, Nr. III/37a).

Der Übergang von den Riffkalken in die hangenden Vorebourg-Kalke ist fließend. In der Grenzregion finden wir Charakteren der beiden Faziestypen miteinander vereinigt. So treten z. B. im Profil «Les Blanches-Fontaines», Nr. III/38, Zone 4, neben Calcareniten und Oolithen feine Breccien vom bezeichnenden, quarzreichen Vorebourg-Kalk-Typus auf. Daneben kann aber bereits die feine Lamination beobachtet werden, die dem Vorebourg-Kalk eigen ist.

Gegen das offene Meer zu, d. h. gegen SE, besteht ein unmerklicher Übergang aus den teilweise koralligen Riffkalken in die dichten bis feinkörnigen «Übergangskalke». Trotz eingehender Suche nach Anzeichen eines Rifftalus konnte nirgends die für die meisten rezenten Korallenriffe so typische, kreuz-

geschichtete Schutthalde, bestehend aus Breccien und Calcarenitiden, beobachtet werden. Die höheren und mehr südlich gelegenen Etagen des Riffes bestehen vermehrt aus detritischem bis calcarenitischem Material. Sie wurden von P. A. ZIEGLER als Basis des «Sequan» eingehend untersucht. Der Gehalt des Korallenkalkes an ganz erhaltenen Fossilien ist im allgemeinen nicht groß; zudem ist es schwierig, die einzelnen Versteinerungen aus dem meist dichten Gestein herauszulösen. Wir finden neben Korallen nestweise Brachiopoden, Pectiniden und dickschalige Cidariden.

Die Verbreitung und Wanderung des Riffkomplexes im Verlauf des Lusitanian geht aus den paläogeographischen Skizzen, Tafeln VII–XI, deutlich hervor. Für die Beschreibung der Korallenkalken, vor allem der jüngeren im südlichen Faziesbereich, möchte ich auf die Untersuchungen von P. A. ZIEGLER verweisen. Im allgemeinen stellt der Riffgürtel ein schwach geschwungenes Band von ca. 10–20 km Breite dar, das in NE–SW-Richtung verläuft. Wie in vielen modernen und fossilen Riffen ist der eigentliche Riffwall zu einer gegebenen Zeit meist recht schmal (3–8 km). Er entwickelt sich aus den koralligenen Mergeln der Liesberg-Schichten. Bemerkenswert sind vor allem die relativ schwach gegliederten tieferen Teile des Riffes, die sich hauptsächlich durch vertikales Wachstum auszeichnen. Für relativ lange Zeit blieb die Südgrenze offenbar mehr konstant oder schritt nur unwesentlich, ca. 1–2 km, nach Süden vor. Ein Vergleich mit dem permischen Riffkomplex aus Texas zeigt, daß das vertikale Wachstum des «Rauracien»-Riffes Ähnlichkeiten mit dem Goat-Seep-Riff aufweist, währenddem das horizontale Wachstum des «Sequanian»-Riffes eher dem Capitan-Riff entspricht (NEWELL, 1953). Im allgemeinen kann keine große Verfingerung zwischen Vorderriff- und Korallenkalken festgestellt werden. Eine Ausnahme jedoch bestätigt die Regel: nämlich der Übergangskalksporn von Berlincourt, der ca. 3 km nach N in das Riff hineinreicht!

In der Hinterrifflagune treten da und dort kleinere Patch-reefs auf, die möglicherweise untereinander verbunden waren (z. B. Vorbourg). Aber auch im Vorriffraum stellen sich da und dort vereinzelt Patches ein, die darauf hindeuten, daß der Abfall ins Vorriffbecken sehr sanft war.

Erst in einer späteren Phase scheint sich der anfänglich geschlossene Riffgürtel aufzugliedern in Hauptgürtel und «semikontinuierliche Barren» (FAIRBRIDGE, 1948) im Vor- und Hinterriffraum. Der schmale Patch-reef-Saum im Hinterriffbereich liegt im selben Gürtel wie die älteren Riffkalke («unteres bis mittleres Rauracien»), was zur Vermutung Anlaß geben könnte, daß sich diese Hochzone noch bis ins «obere Rauracien» abzeichnet habe.

In den Faziesprofilen II und IV treten über den Caquerelle-Pisolithen und den «argovienartigen» Kalken des Hinterriffs wohlentwickelte Korallenkalken auf (siehe Profile Chapelle de Vorbourg, Nr. II/15; Soyhières, Nr. II/14; Chauvillers (F), Nr. IV/48; Mouillevillers (F), Nr. IV/47). Diese Korallenkalken wären nach HENSON (1950) Korallenbildungen in der Zone I (Back-reef-shoals) zu vergleichen. Möglicherweise lassen sich diese Korallenkalken mit der «faciès glypticien récifal et péri-récifal» der Gegend von Dôle nach A. CAIRE (1951) vergleichen!

Nach CUMINGS (1930) wird ein Riff (= Bioherm) als dom- oder wallähnliches Gebilde umschrieben, welches zur Hauptsache aus Überresten von Korallen, Stromatoporen, Algen, Brachiopoden, Mollusken und Crinoiden besteht. Wesentlich scheint, daß diese Struktur von einem Gestein mit anderem lithologischem Charakter umschlossen wird. W. B. WILSON (1950) schließt sich dieser Definition an und umschreibt sie noch eingehender. F. LOWENSTAM (1950) und CLOUD (1952) hingegen behalten den Ausdruck «Bioherm» für solche Strukturen organischen Kalkes vor, deren Natur und Entstehung unklar ist (N. D. NEWELL, 1953). Riffe bestehen nach LOWENSTAM aus gerüstbauenden und -bindenden Organismen, welche befähigt sind, ihr eigenes, hartes Substrat zu bilden und welche die Möglichkeit besitzen, mit ihren Skelettbauten aus dem ruhigen Wasser bis in die turbulente Oberflächenzone des Meeres emporzudringen. Sie sind imstande, bis zu einem gewissen Grade ihr eigenes Flachwasserhabitat zu schaffen, gegen die destruktiven Kräfte zu trotzen, ja sich selbst noch weiter auszubreiten. Sie vermögen sich derart auszudehnen, daß sie die lokale Wasserzirkulation, die Salinität und auch die Sedimentation in ihrer näheren oder weiteren Umgebung zu verändern vermögen. Damit verändert sich aber auch die gesamte Fauna ganz wesentlich.

Da LOWENSTAMS Definition in den wesentlichen Teilen erfüllt wird, dürfen die Korallenbildungen des zentralen Schweizer Juras durchaus als Riff bezeichnet werden.

Nach der Klassifikation von HENSON können wir unsere Korallenbildungen am ehesten der Gruppe der «Fringing-Reef» zuordnen. Eine Übereinstimmung, die in allen Teilen auf das HENSONSche Schema zutrifft,

ist kaum zu erwarten. Es läßt sich jedoch, namentlich für die Zeit, während welcher im Hinterriffraum die Kreide von St-Ursanne und sodann die Vorbourg-Kalke abgelagert wurden, eindeutig eine Aufteilung vornehmen, bei welcher folgende Teilzonen unterschieden werden können:

1. Back-reef shoals
2. Reef-wall
3. Fore-reef shoals
4. Fore-reef transition zone
5. Fore-reef basin

Zwischen Zone 3 und 4 besteht ein gleitender Übergang. Die Zone 3, der «Reef-talus-slope» (HENSON), auf welche in der Beschreibung rezenter Korallenriffe immer wieder hingewiesen wird, konnte im Schweizer Jura nirgends festgestellt werden. Dies mag wohl ein Anzeichen für den äußerst gleichmäßigen Übergang aus dem Riff in eine flache, abfallende Vorriffzone sein. Der gesamte Korallenkalk hingegen ist durch einen gleichmäßigen Aufbau gekennzeichnet, der im allgemeinen für eine ruhige und ungestörte Sedimentation spricht. Wenn auch im vorliegenden Falle kaum ein Korallenstock auf dem anderen aufsitzt, so ist doch ein aktives Emporstreben der Korallenbauten festzustellen (siehe Abb. 7). Es wird sich jedoch um eine äußerst flache Plattform gehandelt haben, welche meistens nur von Korallenarten mit gedrungenem Habitus besiedelt wurde. Die Vorstellung eines Korallenrasens vermag der Wirklichkeit am nächsten zu kommen. Dies ist vielleicht der Grund, weshalb die jurassischen Sedimente so wenig mit jenen eines rezenten Riffes verglichen werden können. Selbst eine schwache, korallenüberkrustete Schwelle vermochte den Schelf in einzelne Faziesräume zu unterteilen.

Auch in ökologischen Dingen besteht eine große Ähnlichkeit zu den von DZULYNSKI (1952) beschriebenen felsenkalkartigen Malmkalen aus der Umgebung von Krakau.

Die Beschreibungen KABELACS (1953) vom Isteiner Klotz beziehen sich vermutlich lediglich auf die Zone 2 des Wallriffes. Die Ausbildung und Mächtigkeit der Riffkalke zeigen große Ähnlichkeiten mit gewissen Gebieten des Schweizer Juras. Die ca. 50 m mächtigen Korallenkalke werden hier von etwa 20 m Splitterkalen überlagert. Diese helle, z. T. weiße Kalkfolge führt in einzelnen Horizonten Jaspisknollen und ist zuoberst oolithisch. Es wäre möglich, daß wir hier eine verkalkte, riffnahe Ausbildung der Kreide von St-Ursanne vor uns hätten. Die darüber folgenden sogenannten «Leitschichten» könnten somit den Vorbourg-Kalke gleichgesetzt werden.

Der gesamte Aufbau des Riffkomplexes trägt den Charakter eines Regressivriffes, kann doch eine Wanderung des Korallengürtels in Richtung gegen die alpine Geosynklinale festgestellt werden. Eine solche Wanderung kann im Prinzip durch zweierlei tektonische Vorgänge erreicht werden:

1. Durch relativ langsame Subsidenz des Kontinentalschelfs in bezug auf die Wachstumsrate der Korallen, so daß die Riffexpansion schief aufwärts erfolgt. Beispiele dafür finden wir im Capitan-Riff (NEWELL, 1953).
2. Durch Hebung einer Schwellenzone, welche schließlich bis zur völligen Emersion führt. Durch diesen Hebungsvorgang wird der Riffgürtel in das offene Meer hinausgedrängt (HENSON, 1950).

Der gesamte Verlauf des Riffes sowie die Abfolge der Sedimenttypen sprechen eher für eine Interpretation nach HENSON.

Von HENSON ausgeschiedene Gesteinstypen		Im zentralen Schweizer Jura ausgeschiedene Gesteinstypen
Littoral clastics	Übergangsgesteine	Naticamergel
		Vorbourg-Kalke
Back-reef limestones	Übergangsgesteine	Kreide von St-Ursanne
		Caquerelle-Pisolithe
Reef limestones		Koralligene Kalke und Riffdetritus
Fore-reef limestones		Übergangskalke
Basinal limestones and marls, etc.		Birmenstorferkalke, Effingerschichten

III. Das Lusitanian im südöstlichen Faziesbereich

Wie aus den Faziesprofilen (Tafeln II–VI) hervorgeht, ist es des starken lateralen Fazieswechsels wegen schwierig, eine allgemeingültige stratigraphische Gliederung für diesen Bereich aufzustellen.

Ganz allgemein ist im «argovischen», mehr bathyalen, mergelig bis kalkigen Faziesbereich die Auflagerung in 1. Birnenstorferschichten unten und 2. Effingerschichten oben üblich. Gegen den Riffgürtel hin läßt sich eine deutlich, ca. 2–3 km breite, «verkalkte» Zone feststellen, welche als Äquivalent der Birnenstorfekalke und Effingermergel betrachtet werden darf. Es sind dies die sogenannten Übergangskalke.

Dem Ausdruck «Birnenstorferschichten» begegnen wir erstmals bei U. STUTZ (1864), bei der Beschreibung der Lägern; doch verwendet er diesen Schichtnamen mehr summarisch als Unterabteilung des Weißen Juras. C. MOESCH (1867) hingegen gibt eine genauere lithologische und paläontologische Beschreibung dieser Schichten, so wie sie sich hauptsächlich im Aargauer Jura präsentieren. Ein wenig gebrauchtes Synonym für die Birnenstorferschichten stellt der von A. ETALLON (1857) geprägte Begriff Spongiliten dar. Er definiert damit die schwammführenden Schichten im Haut-Jura, die zwischen dem Oxfordian s. str. und dem eigentlichen «Argovien» liegen.

Als Effingerschichten werden von C. MOESCH (1867) die Gesamtheit der Mergel und Mergelkalke bezeichnet, welche über den schwammführenden Birnenstorferschichten folgen. Auch diese Schichten gehören z. T. noch in die *plicatilis*-Zone, zum anderen Teil jedoch in die Zone des *Amoeboceras alternans*.

1. Die Übergangskalke und ihre Verbreitung

(Vergleiche die Faziesprofile I–V sowie die Detailprofile: Envelier, Nr. I/4; Château de Raymontpierre, Nr. I/5; Combe de Geais, Nr. I/8; Raimeux S-Schenkel, Nr. II/19; Pt. 506 – Gorges de Moutier, Nr. II/20; Basse-Montagne-Süd, Nr. II/21; Les Blanchettes-Fontaines, Nr. III/38; Gorges du Pichoux, Nr. III/39; Les Royes, Nr. IV/57; Les Chenevières, Nr. IV/58; Le Refrain, Nr. V/71.)

Die Übergangskalke bilden einen 2–3 km breiten Gürtel von meist hellgrauen bis beigefarbenen, feinkörnigen, zoogenen Kalken. Diese Kalkbildungen, die sich nur schwer von den Birnenstorferschichten unterscheiden lassen, sind an der Straße zum Château de Raymontpierre (Koord. 601 600/240 475) in typischer Ausbildung aufgeschlossen. Dieser Kalkgürtel bildet in den höheren Lagen die Übergangszone zwischen den koralligenen Schichten des Riffes und den mergeligen Effingerschichten. Gegen oben scheinen die Übergangskalke direkt in die Korallenkalken überzugehen.

Die Übergangskalke erweisen sich als körnige, oft feinspätige Calcarenite mit k. k. B. Je nach der Lage zum Riff treten aber auch Zonen auf, die etwas gröberen Riffdetritus führen (Abb. 9). So treten z. B. im Profil Raymontpierre in der Zone 3 neben feinen Schalentrümmern auch kleine koralligene Partikel auf, die einen maximalen Dm. von ca. 2 mm aufweisen. In diesem Profil schalten sich in höheren Lagen zwei mergelige, auffallend quarzreiche Horizonte ein. Diese Quarzsand-Horizonte dürfen aber keineswegs mit den Vorbourg-Kalken in Verbindung gebracht werden; vielmehr dürfte es sich dabei um eine stärkere terrigene Schüttung aus dem alpinen Raum handeln.

In den Profilen von Besongey (Nr. VI/88) und Chaumont de Gilley (Nr. VI/89) konnten inmitten von feinkörnigem bis dichtem Kalk Pseudomorphosen von Kalzit nach Dolomit beobachtet werden. Gleiche Dedolomitisationserscheinungen werden von D. J. SHEARMAN et al. (1961) aus dem französischen Jura beschrieben. Unsere Pseudomorphoseerscheinungen dürfen wohl mit SHEARMANS erstem Typ verglichen

werden, nämlich mit «jenen dedolomitisierten Gesteinen, in welchen individuelle Dolomitkristalle von einem feiner-körnigen Mosaik von Kalzit-Kristallen ersetzt werden» (Abb. 11).

Der Vorriffcharakter dieser Fazies wird aber auch durch den Fossilinhalt gekennzeichnet. Es treten hier auf:

Cephalopoden:	Perisphinctiden Belemniten
Lamellibranchier:	Pholaden Gryphaeen Austern
Brachiopoden:	Terebrateln
Echinodermen:	Cidariden
Spongien:	Schwammnadeln in Spongolithen

Das Auftreten von Cephalopoden spricht für einen Zusammenhang mit dem offenen Meer. Cidariden, Gryphaeen und Austern mit ihren massiven Schalen hingegen sind Bewohner der riffnahen Zone. Die Spiculae von Hexactinelliden, welche aus den Spongolithen, hauptsächlich aus den Gorges de Moutier, bekannt sind, dürften wohl vereinzelt an Ort und Stelle gewachsen sein, doch ist anzunehmen, daß die Schwammstotzen vor dem gut durchlüfteten Riffwall der Verwesung anheimfielen (siehe Abb. 10). Kiesel-schwämme siedeln sich heute hauptsächlich in einer Meerestiefe zwischen 200 und 500 m an. Diese Tiefe dürften wir anhand des gehäuften Auftretens von Schwammstotzen in einer Distanz von ca. 10 km südlich des Riffes erreicht haben (vgl. paläogeographische Skizze 1, Tafel VII).

Gegen das Riff hin scheint i. a. keine starke Verfingung von Riff- und Vorriffsedimenten zu bestehen. Der Übergang von den Vorriffkalken zu den Effingermergeln hingegen ist recht unübersichtlich. Die Untergrenze scheint sich gleich wie jene der Birnenstorferschichten zu verhalten; sie soll deshalb erst später besprochen werden.

Aus der Übergangszone zu den Effingerschichten sind aus dem Profil «Gorges du Pichoux» Ammonitenfunde bekannt geworden, welche nach den Bestimmungen von Dr. J. CALLOMON, London, der *transversarium*-Zone (*Perisphinctes* [*Dichotomosphinctes*] *wartae* BUKOWSKI *falculae* RONDCHADZÉ und *Perisphinctes* [*D.*] *elizabethae* DE RIAZ) sowie der obersten *transversarium*-, eventuell der unteren *bimammatum*-Zone zugeordnet werden können (*P.* [*Orthosphinctes*] *cf. orientalis* DORN [non SIEMIRADZKI, 1930]).

Die Sedimente dieser Zone entstanden hauptsächlich unterhalb dem Niveau der Brandungszone. Durch Strömungen können Calcarenite und Fossiltrümmer noch eingeschwemmt werden. In unserem Falle, wo wir keinen Riffталus ausscheiden konnten, ist es verständlich, daß wir in dieser Zone doch vereinzelt riffdetritische Einschwemmungen vorfinden; vergleiche Profil «Raymontpierre», Nr. I/5. Je mehr wir uns allerdings vom Riff entfernen, um so dichter werden die Kalke; siehe Profil «Combe de Geais», Nr. I/8.

Auch vereinzelte Patch-reefs kommen in dieser und der meerwärts angrenzenden Zone vor. Profile: Basse-Montagne-Süd, Nr. II/21; Le Noir Bos, Nr. III/40. In diesen flachen, riffnahen Regionen, die über eine erhöhte Wassertemperatur verfügten, darf die biochemische Kalkausfällung als recht hoch angenommen werden.

Die fast kreidigen Kalke von Gorges de Pichoux, Profil Nr. III/39, mögen in einer abgeschlossenen Lagune hinter der Riffbarre von Souboz entstanden sein, ähnlich wie die Kreide von St-Ursanne, die hinter dem Hauptriffgürtel entstanden ist.

2. Die Birnenstorferkalke

Erst im Raume südlich der Linie Corcelles–Moutier–Pichoux–Les Breuleux–La Peuchapatte–Le Valanvron (NE La Chaux-de-Fonds), im eigentlichen «argovischen» Faziesbereich, läßt sich das untere Lusitan in die liegenden Birnenstorferschichten und in die hangenden Effingermergel unterteilen.

Die Birnenstorferkalke stellen im Untersuchungsgebiet eine Schichtfolge von 25–35 m Mächtigkeit dar, währenddem sie im Typusgebiet, im Aargauer Jura, bedeutend geringmächtiger sind. Es können hier meistens grau-beige, gefärbte, körnige Kalke beobachtet werden, die teilweise mit dünnen, etwas mergeligen Zonen wechsellagern. Oftmals werden diese Zonen aber nur durch etwas weichere Mergelfugen angedeutet. Im angewitterten Zustand besitzen diese Kalkfolgen eine hellgraue bis strohgelbe Farbe.

Gute Aufschlüsse, welche die Untergrenze gegen das Terrain à Chailles (Zone des *Cardioceras cordatum*) zeigen, sind recht selten. Die wenigen Aufschlüsse sollen hier deshalb etwas detaillierter besprochen werden. – Ganz allgemein können wir einen Übergang aus dem Oxfordian s. str. in ammonitenführendes «Argovien» feststellen; im südlicheren, etwas tieferen Ablagerungsraum treten daneben noch Schwammbildungen auf. Für den nördlichen Faziesraum finden wir 3 typische Aufschlüsse, nämlich bei: 1. «Gorges de Court» (Profil Nr. II/23), 2. «Gorges du Pichoux» (Koord. 584.15/237,05) und 3. «Le Noir Bos» (Profil Nr. III/40a) südlich Souboz. Die beiden letzten Profile waren nicht gut aufgeschlossen und mußten z. T. freigelegt werden.

Im Profil Gorges de Court erhebt sich über den typischen, blaugrauen, sandigen Oxfordtonen eine gut gebankte, ca. 40 m mächtige Kalkfolge. Im Liegenden der Birmenstorferschichten werden durch Sackungen immer wieder die Knauerlagen des Terrain à Chailles freigelegt. An Foraminiferen können in diesem folgende Genera und Subgenera festgestellt werden:

Cristellaria sp.

Dentalia sp.

Epistomina sp.

Hemicristellaria sp.

Lenticularia sp.

Daneben treten häufig Holothurien-Skleriten auf.

Über diesen Mergeln und Tonlagen folgen ca. 3,5 m braun-beige, leicht mergelige, grob gebankte Kalke, welche ungefähr in halber Höhe etwas dunklere, verkieselte Knollen aufweisen. Besonders die Schichtunterfläche ist hier reich an Cephalopoden; aber auch weiße, verkieselte Schalenrümpfer von Bivalven scheinen häufig zu sein. Dr. J. CALLOMON, London, hatte die Freundlichkeit, die besterhaltenen Perisphincten zu bestimmen. Es konnten hier eindeutig Formen der *plicatalis*-Zone festgestellt werden, nämlich:

Perisphinctes (*Dichotomosphinctes*) cf. *antecedens* SALFELD
oder cf. *tizianiformis* CHOFFAT

P. (Arisphinctes) cf. *cotovui* SIMIONESCU

Die nachfolgenden 22 m bestehen vermehrt aus feinkörnigem bis dichtem Kalk. Die unteren 12 m dieser Serie führen noch mergelige Zwischenlagen; deshalb ist an dieser Stelle auch eine stärkere Rückwitterung gegenüber dem Hangenden und Liegenden festzustellen. In der oberen Hälfte treten nochmals vereinzelt Perisphincten auf, die allerdings ihrer schlechten Erhaltung wegen nicht bestimmt werden konnten. Die Birmenstorfer Kalkwand schließt oben mit gut 15 m mächtigen, klotzigen, groben Bänken ab. Nach oben vermergeln die Birmenstorferkalke und gehen unter Auflösung eines regelmäßigen Schichtverbandes in graue bis graubraune Effingermergel über.

Im Dünnschliff beobachten wir, hauptsächlich in den untersten 3 Metern, Spongolithe. Ähnliche Spongolithbildungen sind uns auch aus dem Profil Gorges de Moutier, Pt. 506, bekannt sowie aus den «argovienartigen» Kalken von Mouillevillers (F) (Abb. 10).

In den verkieselten Knollen sind die meisten Spiculae aus Chalzedon gebildet. Die feinen Axialkanäle bestehen oftmals aus einer nicht näher bestimmbar Modifikation von SiO₂. Der innere Hohlraum ist meistens von faserigem, sekundär gebildetem Chalzedon erfüllt. Die Grundmasse dieser Silexknollen zeigt bei gekreuzten Nicols eine zonare Auslöschung. Sind die Spiculae jedoch durch Kalzit ersetzt, so fehlen ihnen die feinen Innenstrukturen.

Bemerkenswert erscheint die Tatsache, daß die meisten Kalkschalen in den Liesberg-Schichten verkieselt sind, währenddem in den Birmenstorferschichten die Schwammnadeln fast durchweg verkalkt auftreten. Möglicherweise sind ähnliche Silexbildungen auf einer Schwellenzone anzunehmen, wie sie A. J. STÄUBLE (1959) aus dem Callovian des zentralen Schweizer Juras beschreibt. Durch Kompaktion der mergeligen Birmenstorferschichten wurden kieselsäurereiche Bodenwässer mobilisiert, die schließlich in den Liesberg-Schichten, in saurem Milieu, zur Ausflockung und Einlagerung in gewisse Schalenrümpfer gelangten.

Einen ähnlichen Übergang wie in den «Gorges de Court» finden wir in Souboz. In den «Gorges du Pichoux» treten an der Basis der Birmenstorferschichten neben silifizierten Schalentrümmern auch starke Pyritimprägationen auf. Im verwitterten Zustande geben sie dem Gestein eine rostbraune Farbe.

Das Profil vom Chaumont de Gilley (F), Profil Nr. VI/89, erweckt den Eindruck einer verkalkten «Argovienfazies»; wir dürften uns hier eher noch im Bereich der Übergangskalke befinden.

Der bathyalen Schwammfazies begegnen wir erst in den Profilen: Mét. de Tscharnier (S La Heutte), Nr. III/44; Mét. du Milieu de Bienne, Nr. IV/66; Mt. Perreux (Vue des Alpes), Nr. V/81; Entre-deux-Monts (SE Le Locle), Nr. VI/84; Crêt des Devens (S St-Sulpice), Nr. VI/94. Über einem Oxford von meistens stark reduzierter Mächtigkeit folgen Mergel und Kalkwechsellagerungen in ähnlicher Ausbildung, wie sie uns aus dem östlichen Jura bekannt sind. Die Schwammführung setzt gegen Süden nur allmählich ein. In den riffnäheren Profilen, z. B. «Mét. de Tscharnier» und «Mét. Milieu de Bienne», beschränken sich die spongienführenden Schichten nur auf einige wenige Zentimeter an der Basis. An der Straße Le Locle–La Sagne (Koord. 550050/210140) sind bereits ca. 3,5 m mächtige Schwammschichten aufgeschlossen. Daneben ist jene Fundstelle reich an anderen typischen «Argovien»-Fossilien wie:

- Spongien: *Sporadopyle flabella* ETALLON
 Tremadictyon crateriformis (ETALLON)
 Craticularia clavaeformis ETALLON
 Stauroderma birmenstorfensis OPPLIGER
 Polyschema sp.
- Brachiopoden: «*Rhynchonella*» *arolica* OPPEL
 «*Terebratula*» sp.
- Lamellibranchier: *Lima* sp.
- Gastropoden: *Pleurotomaria* sp.
- Echinodermen: *Pseudodiadema* sp.
- Cephalopoden: *Ochetoceras canaliculatum* (v. BUCH) OPPEL
 Creniceras sp.
 Perisphincten
 Belemnitenbruchstücke

Im riffernsten Aufschluß bei St-Sulpice (Profil Nr. VI/94) finden wir über einem nicht ganz 4 m mächtigen Oxfordian ca. 10 m mächtige, spongienführende Mergellagen. Die Kalkbänke sind hier bedeutend schwächer als im N und treten stark zurück, so daß die Birmenstorferschichten hier einen stark vermergelten Eindruck hinterlassen.

3. Die Effingerschichten

Vergleiche die Detailprofile: Gänsbrunnen, Nr. I/9; Gorges de Court, Koord. 593 500/234 000, Nr. II/23; Reuchenette, Nr. III/45; Mét. Tscharnier, Nr. III/44; Rondchâtel, Nr. III/45; Le Pélard – Corps de Garde, Nr. V/73; Entre-deux-Monts, Nr. VI/84; Saut de Brot, Nr. VI/86; Besongey, Nr. VI/88; Chaumont de Gilley, Nr. VI/89, La Gauffre, Nr. VI/91; St-Sulpice–Le Rondel, Nr. VI/92; St-Sulpice–Crêt des Devens, Nr. VI/94.

Die Effingerschichten stellen in unserem Untersuchungsgebiet einen mächtigen Komplex von in frischem Zustand blaugrauen Mergeln dar, welche eine gelbliche bis bräunliche Verwitterungsfarbe zeigen. Sie wechsellagern mit einzelnen recht unterschiedlich mächtigen, gelblich verwitternden, mergeligen Kalkbänken. Diese Kalke und Mergel können als Calcilutite bezeichnet werden. Ihre Mächtigkeit ist im Norden geringer als im Süden. Sie dürfte in der Übergangszone zu den Vorriffkalen ca. 60–90 m betragen; im südlichen Raume schwankt sie zwischen 100 und 130 m. Im Aargau hingegen erreichen sie bis zu 250 m Mächtigkeit. Als inkompetente Gruppe sind die Effingerschichten infolge tektonischer Einwirkungen starken Mächtigkeitsschwankungen unterworfen. Von E. EPPEL (1947) und E. LÜTHI (1954) werden solche tektonisch bedingte Mächtigkeitsschwankungen aus dem Chasseralgebiet gemeldet (Chasseral N-Schenkel ca. 40 m, S-Schenkel 130 m). Meistens zeichnen sich diese Mergel durch Bildung von Comben aus. Aus den oben erwähnten Gründen ist es kaum möglich, eine lückenlose Schichtfolge der Effingermergel aufzunehmen.

Wie aus den Detailprofilen hervorgeht, scheint ein allmählicher Übergang aus den Birnenstorferschichten zu bestehen. Im Profile ansteigend, schwillt die Mächtigkeit der Mergelzwischenlagen langsam an, bis sie, wenigstens zeitweise, die Kalkbänke völlig zurückdrängt.

Obwohl die Obergrenze der Effingerschichten, gegen die Korallenkalke, durchwegs recht scharf zu sein scheint, kann sie meistens nur morphologisch im Gelände ermittelt werden. Sie wurde von P. A. ZIEGLER für das Mt. d'Amin-Chasseral-Gebiet sowie für die Montoz-Weissenstein-Kette beschrieben.

Am Chaumont de Gilley (F) setzen unvermittelt über geringmächtigen, fossilreichen Effingermergeln Korallenkalke und bioklastische Kalke ein. Im Profil Entre-deux-Monts (SE Le Locle) besitzen die koralligen Kalke und Calcarenite, welche über einer gut 100 m mächtigen, monotonen Mergel- und Tonserie folgen, nur eine bescheidene Mächtigkeit von ca. 4 m. Die darüber folgende, ca. 20 m mächtige Mergel- und Mergelkalkwechsellagerung weist nochmals Effingermergel-Charakter auf. Im westlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes scheint eine Auflösung des im E mächtigen Riffkomplexes vorzuliegen. An seine Stelle treten vereinzelte Patch-reefs, wie wir sie schön im Cirque de St-Sulpice beobachten können. Das Profil Le Rondel, welches durch einen Bahnanschnitt gut aufgeschlossen wird, wurde von M. DE TRIBOLET (1873), L. ROLLIER (1897), E. JUILLERAT (1907), E. RICKENBACH (1925) und C. MUHLETHALER (1932) immer wieder beschrieben. Über ca. 10 m grauem, körnigem Kalk, welcher mit feinplattigem, kalkigem Mergel wechsellagert, folgen bis 7 m mächtige Korallen-Patch-reefs. In den liegenden Mergelkalken konnte *Veroniella sequana* OERTLI, eine Ostracode aus dem «unteren Sequan», beobachtet werden. Diese Korallenkalke stellen ein schönes Beispiel eines kleinen Bioherms dar. Sie sind zwischen grauen, feinkörnigen bis dichten, gut gebankten Kalken eingebettet. Sobald wir in die Nähe der Korallenbauten kommen, verschwindet die Bankung völlig. Innerhalb der massigen Korallenkalke treten in verschiedenen Höhenlagen Partien mit gut gebankten Kalken auf, welche vereinzelte, schlanke, bis 10 cm lange Stacheln von *Hemicidaris* sp. führen. Auch Lamellibranchier lebten in diesen seichten, offenbar äußerst ruhigen Tümpeln inmitten des kleinen Riffes. Ähnliche Beobachtungen machte O. WITTMANN (1952) in den rauracischen «Korallen-Brachiopodenkalken» bei Kleinkems, S. DZULINSKI (1952) in den jurassischen Kalken aus der Umgebung von Krakau oder N. D. NEWELL (1953) in den Bone Spring patch-reefs des permischen Riffkomplexes von Texas und New Mexico.

Eine bemerkenswerte Einzelheit stellt die grobe Lumachellenbank dar, welche an der Basis des Bioherms eine wellig-höckerige Schichtunterfläche bildet. Diese Lumachelle mag in diesem schlammigen Milieu als fester Ansatzpunkt für die späteren Korallenbauten gedient haben.

Oben geht dieser Korallenkalk wiederum in eine gleichförmige Kalk-Mergel-Wechsellagerung über, welche Brachiopoden und Naticiden führt. In der Zone 3 des Profils Le Rondel treten hier noch vereinzelte Korallenstöcke auf, welche allerdings mehr schichtförmig angeordnet sind. In den darüber folgenden, z. T. schlecht aufgeschlossenen, oolithischen Mergelzonen erscheinen Fossilien, welche eindeutig für «Untersequan» sprechen:

Brachiopoden: *Zeilleria humeralis* (ROEM.)

Ostracoden: *Macrodentina* (M.) *punctata* OERTLI
Galliaecytheridea postrotunda OERTLI

ROLLIER (1897) läßt beim ersten Auftreten von Korallen das «Sequan» beginnen. JUILLERAT und MUHLETHALER hingegen sehen lithologisch doch eine größere Ähnlichkeit mit dem Liegenden und schlagen diese Schichten noch zum höchsten «Argovien». RICKENBACH sieht in diesen obersten, koralligen Schichten des «Argovien» ein Äquivalent der Geißberg-Schichten. Nicht nur allein wegen des Einsetzens von Korallenkalken, sondern auch nach dem Auftreten von typischen «Séquanien»-Mikrofossilien wären diese Bioherme der Basis des «Séquan» zuzuordnen. Rein lithologisch jedoch scheint durch die regelmäßige Wechsellagerung von Mergel und Kalk doch eine gewisse Ähnlichkeit zu den Effingermergeln vorzuliegen.

Es scheint jedoch, daß in der westlichen Region des Untersuchungsgebietes eine Auflösung des im Osten mehr oder weniger zusammenhängenden Korallengürtels stattfindet; d. h., wir finden hier einen kontinuierlichen Übergang von der Vorderriff-Fazies («Argovien») in die Hinterriff-Fazies («Rauracien»/«Sequanien» pp.). Ein Analogon finden wir im Waadtländer Jura, wo keine Riffbarre zwischen dem Hinterriff-«Sequan» des Mt. Risoux und dem ammonitenführenden «Sequan» des Mt. Tendre existiert (AUBERT, 1943).

IV. Fazielle Vergleiche und Paläogeographie des unteren Lusitanian im zentralen Schweizer Jura

Die Wanderung des Riffgürtels wird am besten durch einige paläogeographische Skizzen veranschaulicht.

Die ammoniten- und schwammführenden Mergel und Mergelkalke südlich des Riffes charakterisieren die «Argovien»-Fazies. Die massiven oder schwach geschichteten Korallenkalke und Oolithe im N und NW bezeichnen die «Rauracien»-Fazies. – Diese altbekannte Aufteilung wurde jedoch nicht der fast durchweg feststellbaren Dreiteilung in Hinterriff-, Riff- und Vorderriff-Fazies gerecht, so daß bei der folgenden Besprechung der Paläogeographie des unteren Lusitanian die bisher übliche Zweiteilung fallengelassen werden kann.

Im ganzen Untersuchungsgebiet bildet das Oxfordian s. str. (*cordatum*-Zone) die definierte Untergrenze. Die *cordatum*-Zone ist sowohl aus dem Norden wie aus dem Süden bekannt. *Cardioceras cordatum* wurde im Profil Côte du Frêne, Nr. III/26, NE von St-Ursanne gefunden. Es ist auch aus der Umgebung von Gilley (F) bekannt. E. RICKENBACH (1925) erwähnt es aus dem bekannten Aufschluß südlich von St-Sulpice. Während das Oxfordian in seinen nördlichen Verbreitungsgebieten noch die beträchtliche Mächtigkeit von ca. 80 m besitzt, reduziert es sich gegen Süden stark. In der Klus von Court sind im Liegenden der Birmentorfer Schichten noch mindestens 40 m Terrain à Chailles aufgeschlossen. Im Chasseralgebiet nimmt die Mächtigkeit rasch ab, können doch hier nur noch 30–40 cm blaugraue, eisenoolithische Tone und Mergel festgestellt werden. Bei St-Sulpice umfaßt das Oxfordian noch eine Mergel-Kalk-Wechselagerung von ca. 3,8 m Mächtigkeit. Am Montperreux (Vue des Alpes) ist es noch ca. 30 cm stark. A. STÄUBLE (1959) berichtet aus diesem Profil Funde von *Cardioceras*fragmenten und von *Perisphinctes* (*Properisphinctes*) *bernensis* (DE LOR.).

Über einem solcherart ausgebildeten Oxfordian folgte das Lusitanian, wie es in den paläogeographischen Skizzen (Tafeln VII–XI) dargestellt wird. Bei einem Versuche, die unteren Lusitanianbildungen paläogeographisch zu deuten, stoßen wir bei der Zuordnung der gleichaltrigen Schichten «vor» und «hinter» dem Riff auf große Schwierigkeiten. Der Verlauf der Isochronen ist ungewiß, da keine durchgehenden Leithorizonte festgestellt werden konnten. Aus den Faziesprofilen I–V geht jedoch hervor, daß die Isochronen ohne starke Ausbuchtung durch das Riff verlaufen; ganz im Gegensatz etwa zum Capitan-Riff und zu vielen anderen fossilen Riffen dürfen wir annehmen, daß die einzelnen paläogeographischen Skizzen mehr oder weniger synchrone Schnitte veranschaulichen.

1. Paläogeographie des «unteren Rauracien» und seine zeitlichen Äquivalente

Tafel VII stellt die Verhältnisse zur Zeit der Ablagerungen der Liesberg-Schichten dar.

Im nördlichen Teil, wo die Liesberg-Schichten oder auch die Caquerelle-Pisolithen gegen das Oxfordian s. str. grenzen, ist der Übergang aus dem Liegenden, lithologisch betrachtet, gleitend. Es gibt aber auch Fälle, wo sich als Grenze zwischen Oxford-Lusitanian ein rostrot verfärbter, z. T. mit Limonit überkrusteter Horizont einschaltet, welcher auf einen gewissen Sedimentationsunterbruch hinweist; z. B. Profil La Cendrée, Nr. V/69, NE Fournet-Blancheroche (F).

Im südlicheren Vorriffbereich zeichnet sich die Grenze gegen das Liegende recht deutlich ab. Es stehen hier, sofern die Grenzen gegen das Liegende nicht durch Gehängeschutt verdeckt ist, Kalke vom Birmentorfer Habitus an. Ihre meistens höckerige Untergrenze hebt sich recht deutlich gegenüber den blaugrauen, weichen, leicht erodierbaren Oxfordtonen ab. Im riffnahen Bereich sind die meisten Fossiltrümmer, die neben relativ häufigen Ammoniten auftreten, weiß und verkieselt. Sie wittern deutlich aus dem Neben-

gestein heraus. Etwas undeutlicher wird die Grenze zum Liegenden dort, wo eher vermergelte Birmenstorferschichten an die Oxfordtone angrenzen, nämlich im südlichsten Abschnitt.

Betrachten wir nun die Tafel VII, welche die Verteilung der einzelnen Faziesräume im basalen Lusitanian zeigt. In mehr oder weniger parallel verlaufenden Gürteln ziehen die einzelnen Zonen, mit leichtem Schwunge nach NW ausholend, von NE nach SW.

In der Umgebung von St-Hippolyte (F) konnte die oolithisch-pisolithische Übergangsfazies vom Riff zum «Hinterriff» untersucht werden. Diese Caquerelle-Pisolithe entstanden hier in der Nähe der mergeligen Korallenrasen in seichtem und bewegtem Wasser. Die Kerne der einzelnen Pisolithe und Mumien bestehen meistens aus Schalenrümern und spätigem Echinodermengrus. Die Durchmischung des Pisolithes mit einzelnen Oolithkörnern und unumkrustetem bioklastischem Detritus, aber auch die gleichmäßige, kugelige Form der Pisolithe lassen auf eine gewisse Turbulenz des Wassers schließen. Es darf angenommen werden, daß diese Sedimente, welche kleine Ooide (Dm. 1 mm und kleiner) neben großen Pisolithen (5–8 mm Dm.) aufweisen, mehr oder weniger an Ort und Stelle entstanden seien. Aus Vergleichen mit dem Capitan-Riff schließen wir, daß der Bildungsort unserer Pisolithe in der Nähe einer Riffplattform, in kalkig-schlammigem, durch Strömungen und Gezeiten umgelagertem Milieu zu suchen ist.

Gegen Süden schließt sich ein ca. 10 km breiter, mergeliger Korallengürtel an, in welchem die Liesberg-Schichten gebildet wurden. Der Fossilreichtum, das Auftreten von Serpuliden wie auch die wenig verästelten, gedrungenen Korallenformen deuten auf einen Lebensraum mit geringer Meerestiefe hin. Vielleicht überkrustete dieser Korallenrasen eine Schwellenzone, welche trotz ihrer schwachen Ausprägung und trotz dem Fehlen eines eigentlichen Riffes einen ruhigeren, offenbar recht seichten Sedimentationsraum vom offenen Meer abzutrennen vermochte. Hier gelangten «hinterriffartige» Sedimente zur Ablagerung. – Der feste, kalkige Grund auf der Schwelle bot gute Gelegenheit zum Anhaften für Crinoiden. – Die klimatischen Bedingungen mögen einer tropisch-subtropischen Region entsprochen haben, schwankt doch die optimale Wassertemperatur für Korallen zwischen 25–30° C.

Über dieser Schwelle, die von Organismen reich besiedelt war und somit die Funktion eines «Kammes» hatte, kam es zu einer relativ starken Mergel- und Tonsedimentation. Riffdetritus ist keiner zu finden; auch scheinen alle Korallenindividuen sich noch in ihrer Lebendstellung zu befinden, so daß keine wesentliche Umlagerung durch Wellenschlag anzunehmen ist.

Eine dritte Zone, die sich deutlich von den Korallenbildungen abhebt, wird durch den unteren Teil der Übergangskalke und die Birmenstorferschichten dargestellt. Die scharfe Grenze gegenüber den Korallenbildungen deutet möglicherweise auf einen zunächst verhältnismäßig raschen Abfall in Tiefen, die eine Ansiedelung von Korallen verunmöglichten. Diese Kalkablagerungen führen in Riffnähe verkieselte Fossilien und kieselimprägnierte Spongolithknollen. Diese Zone ist relativ reich an Ammoniten. Es konnten fast durchweg nur Perisphinctiden beobachtet werden, wogegen weiter im SE auch reichlich Oppeliiden und Phylloceratiden (*Sowerbyceras*) auftreten. In ca. 10 km Entfernung vom Korallenrasen erreichen wir das Biotop der Schwämme. Anfangs sind die Schwammstotzen nur spärlich; je mehr wir jedoch nach SE gehen, um so häufiger werden sie. Die Einschaltungen von Mergellagen sind hier auch wesentlich häufiger als in der nördlichen Kalkzone. Die günstigsten Lebensbedingungen für Hexactinelliden finden wir in einer Meerestiefe von wenigen 100 m. Der Abfall vom Riff gegen das offene Meer dürfte also äußerst flach gewesen sein.

2. Paläogeographie des «mittleren Rauracien» und seine zeitlichen Äquivalente (Tafel VIII)

Diese Skizze entspricht der Zeit, während welcher die ältesten, massiven Korallenkalkte gebildet wurden.

Die Verteilung der einzelnen Fazieszonen hat sich nicht wesentlich verändert. Ihr Verlauf ist immer noch derselbe; auch lassen sich ohne Schwierigkeiten dieselben Elemente erkennen.

Gegenüber Tafel VII läßt sich im östlichen Abschnitt deutlich eine Verengung des Korallengürtels feststellen; die Nordgrenze des Gürtels, die bisher über St-Ursanne durch den Pfirter Jura verlief, rückt jetzt bis Delémont vor. Die Südgrenze des Korallenriffes bleibt am alten Orte. Nach Westen läßt sich die Südgrenze des Riffgürtels, anhand der Angaben von A. HEIM (1919), über Luisans–Longemaison (F) mit der von A. CAIRE (1951) ausgeschiedenen «Zone salinoise à faciès récifal de l'Argovien» verbinden. Diese Zone scheint sich gegen WSW bis auf annähernd 20 km zu verbreitern (Salins–Liesle, F). Das Riff besteht nunmehr aus massigen, körnigen Kalken, welche meistens nur eine undeutliche Bankung aufweisen. Diese

Korallenkalke entwickeln sich aus dem Liegenden, indem der Mergel als Nebengestein allmählich durch Kalk ersetzt wird. Die Fossilführung bleibt mehr oder weniger dieselbe. Ganz allgemein jedoch nimmt die Häufigkeit der erkennbaren Fossilreste ab.

Gegen Norden schließt nun eine kalkalgenführende Zone (Caquerelle-Pisolith) an. Die Breite dieser Zone beträgt ca. 2–3 km, kann aber auch bedeutend größer sein.

Um St-Hippolyte (F) folgt über den Pisolithen eine relativ geringmächtige Einschaltung von mergeligen Kalken, welche der kalkigen Fazies der Birnenstorferschichten ähnlich sehen. Diese Kalke dürften denen von A. CAIRE in der «Région dôloise» ausgeschiedenen Äquivalenten der «Couches à Spongiaires de Birnenstorf» entsprechen, erweisen sie sich doch im Dünnschliff hauptsächlich als Spongolithen. Diese Ablagerungen führen Perisphinctiden. Unser Riffgürtel bildet in diesem Stadium eher eine diskontinuierliche Barre, die sich zwischen zwei ammonitenführende Bereiche, das Pariser Becken und den voralpinen Trog, schiebt.

Die ammonitenführende Übergangskalkzone ist nunmehr zu einem schmalen, ca. 3–4 km breiten Saum zusammengeschrunft; dafür überwiegen im SE-Vorriffraum die Effingermergel um so mehr.

Bemerkenswert ist das nahe Herantreten des «basinal marl» an den Riffgürtel. Es ist möglich, daß sich hierin ein relativ brüsker Abfall vom Riff gegen das offene Meer zeigt, welcher die Kalkfällung auf eine schmale Zone zurückdrängte; andererseits ist es möglich, daß die Ton-Mergel-Schüttung, die sich mit dem Dauphiné-Trog sowie mit dem Bereich der schwäbischen Impressa-Tone verbinden läßt, außerordentlich stark war. Dies wiederum würde den Stillstand der Südgrenze des Riffes erklären.

Die Hinterriffseite wurde in höheren und tieferen Stadien teilweise flächenhaft von Pisolithen bedeckt.

3. Paläogeographie des «oberen Rauracien» und seine zeitlichen Äquivalente

Tafel IX veranschaulicht die paläogeographischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes während der Ablagerung der oberen Kreide von St-Ursanne. Der Hauptriffgürtel ist hauptsächlich im östlichen Abschnitt um 3–5 km nach Süden fortgeschritten. Seine Breite ist recht unterschiedlich. Im westlichen Untersuchungsgebiet, wo die Aufnahmeresultate nur lückenhaft sind, können heute noch keine endgültigen Aussagen gemacht werden. Der Hauptriffgürtel scheint jedenfalls in der Umgebung von Morteau-Gilley (F) beträchtlich gegen Süden vorgerückt zu sein.

Erst in diesem Stadium können wir in unserem Untersuchungsgebiet einen eigentlichen Hinterriffraum unterscheiden. In der Lagune, in welcher es hauptsächlich zur Kreideablagerung kam, finden wir noch vereinzelte Patch-reefs. In ihrer Anordnung bezeichnen sie ungefähr den «Hintersaum» des ehemaligen Riffes.

Entlang dem Südrand des Riffes erstreckt sich immer noch eine schmaler Streifen von Übergangskalken. Der Beweis, daß die Vorriffzone eher seicht war, wird durch die Anwesenheit von einzelnen z. T. größeren Patch-reefs erbracht. So läßt sich eine mehr oder weniger zusammenhängende Zone feststellen, die im Osten scheinbar nur aus einzelnen, kleineren Flecken besteht. Gegen Westen hingegen, im Raume des Vallon de St-Imier, verbreitet sich diese Korallenbank (K I von P. A. ZIEGLER) auf nahezu 10 km! Ein einzelnes Patch-reef konnte ebenfalls noch im Raume von St-Sulpice, bei Trémalmont (südlich La Brévine), beobachtet werden.

Durch fortgesetzte Hebung, die sich auf eine relativ breite Schwellenzone erstreckte, wurde der Vorriffraum so weit gehoben, daß auch hier ein Korallenwuchs möglich wurde. Der Korallengürtel, der in seiner Gesamtbreite ca. 20 km umfaßt, teilt sich nunmehr in einen Hauptgürtel und zwei akzessorische Korallensäume im Vorder- und Hinterriffraum auf («fore-reef»- und «back-reef shoals»).

4. Paläogeographie des «unteren Unterséquanien» und seine zeitlichen Äquivalente (Tafel X)

Dieser Querschnitt zeigt die Paläogeographie des Lusitanian zur Zeit der Bildung der Süßwasserhorizonte in den oberen Vorbourg-Kalken (Charophytenhorizonte).

Der Hauptriffgürtel hat sich nach Süden über Moutier hinaus, in die Graiter-, Moronantiklinalen und die nördliche Montagne du Droit verlagert. Bei La Chaux-de-Fonds biegt er plötzlich nach Süden um. Der fehlenden Aufschlüsse wegen kann nicht beurteilt werden, ob der Riffgürtel mit den geringmächtigen Korallenbildungen von Travers-Les Ponts-de-Martel zusammenhängt. Die Patch-reefs von St-Imier sind verschwunden; die Riffplattform scheint jedoch über weite Flächen hin von Kalkalgen, der sogenannten

«grünen Mumienbank» (P. A. ZIEGLER), bedeckt zu sein. Im westlichen Vorriffraum scheinen eher mergelige Bildungen an das Korallenriff anzugrenzen.

Der Hinterriffraum wird vom Vorbourg-Kalk erfüllt. Regelmäßig über die ganze Region verteilt, wurden in einem gewissen Horizont Charophytenfunde gemacht. Besonders im nördlichen Abschnitt, bis in die Gegend von Maiche (F)–Saignelégier, treten in den höheren Vorbourg-Kalken feinste Quarzsandlagen auf (siehe Seite 22). Die südlichste Linie, auf welcher intraformationelle Breccien gefunden werden konnten, verläuft über Vermes–Chauvillers (F) nach Mouillevillers (F). Breccienbildungen konnten auch am Mont Chaumont bei Gilley (F) beobachtet werden.

In der Klus von Court (Profil La Bâle, Nr. II/22, Zone 3) wurden 1958 anlässlich einer Exkursion von den Herren R. GYGI und P. ALLENBACH ein erstes Bruchstück eines Ammoniten in diesem Niveau gefunden. Spätere Funde aus denselben Korallenkalken wurden von Herrn Dr. J. CALLOMON als *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*) sp. indet. aff. *falculae* (RONCHADZÉ) identifiziert. Dieser Perisphinctide dürfte wohl schon der unteren *bimammatum*-Zone zuzuordnen sein. Es wäre somit möglich, sofern es sich bei diesen Ammonitenbruchstücken nicht um ältere, aufgearbeitete Fossilien handelt, wenigstens die unteren Vorbourg-Kalke annähernd mit *bimammatum*-Alter zu datieren. – Auch L. GLANGEAUD (1944) ordnet seine «calcaires lithographiques» im Pariser Becken, die offenbar unseren Vorbourg-Kalken entsprechen, der *bimammatum*-Zone zu. Gewisse Ammonitenfunde aus den Gorges du Pichoux bestätigen diese Annahme ebenfalls.

Der Grund, weshalb nur selten und meistens nur schlecht erhaltene Ammoniten in der Vorriffzone gefunden wurden, dürfte darin gesucht werden, daß die Vorriff-Algenplattform äußerst seicht war und eventuell doch beträchtliche Turbulenz aufwies. Die Ammoniten mögen in einem solchen Milieu keinen passenden Lebensraum gefunden haben.

Die Riffbarre scheint zu dieser Zeit am ausgesprochensten entwickelt gewesen zu sein. Jedenfalls trennt sie eindeutig einen mehr oder weniger brackischen, zeitweise ausgesüßten Hinterriffbereich von dem marinen, algenführenden Vorderriffgürtel ab.

Die grauen, dichten, wohlgebankten Vorbourg-Kalke weisen auf eine äußerst ruhige Sedimentation hin. Seit der Zeit der Kreide von St-Ursanne wächst der Riffgürtel nicht mehr, wie in den vorhergehenden Zeiten, gegen oben, sondern mehr gegen außen (SSW), d. h. gegen das offene Meer zu.

Das Auftreten von terrigenem Detritus, verbunden mit Charophyten und limnischen Ostracoden, läßt die Vermutung an eine festländische Einschwemmung aufkommen. Die Frage, ob der gesamte Hinterriffraum zeitweilig ausgesüßt war oder aber ob es sich beim detritischen Material lediglich um Süßwassereinschwemmungen handelt, kann vorläufig noch nicht entschieden werden. Das weiträumige Auftreten von Süßwasseranzeichen über eine Fläche von rund 1500 km² (Porrentruy–Morteau, St-Hippolyte-Riffgürtel) spricht eher für eine Aussüßung des Hinterriffraumes, verbunden mit einer Schüttung von detritischem Quarz, möglicherweise aus N–NW-Richtung. Um das Phänomen der Aussüßung erklären zu können, können folgende Vorgänge verantwortlich gemacht werden:

1. Eine Hebung eines nicht allzu entfernten Festlandes, welches die oberen Vorbourg-Kalke und die Naticamergel mit terrigenem Detritus beschickte. Die mehr oder weniger einheitliche Sortierung von hauptsächlich gut gerundetem, oft rötlich gefärbtem Quarzsand läßt aber die Vermutung an eine äolische Verfrachtung aufkommen. Eine solche ist über weite Flächen aus der Great Bahama Bank, westlich der Insel Andros, bekannt geworden.
2. Eine eustatische Meeresspiegelsenkung. Bei einem extrem flachen Relief vermag diese weite Flächen trockenzulegen, die später eventuell aussüßen.

5. Paläogeographie des «oberen Unterséquanien» (Tafel XI)

Dieser letzte Überblick über die Paläogeographie des Untersuchungsgebietes bezieht sich auf die Ablagerungszeit der Naticamergel.

Der Riffgürtel ist zu einem kleinen Flecken SE von Moutier zusammengeschrumpft. Im SW-Raume sind noch einzelne, kleine Patch-reefs vorhanden. A. SCHNEIDER (1960) meldet aber auch solche aus dem NE-Ablagerungsraum, aus der Nähe von Bressaucourt und Porrentruy; es ist jedoch wegen der unbefriedigenden Aufschlußverhältnisse nicht leicht, die genaue Schichthöhe dieser beiden Korallenvor-

kommen anzugeben. P. A. ZIEGLER beschreibt aus den Gorges de Moutier ebenfalls vereinzelteres Auftreten von korallenführenden Schichten aus den höheren Naticamergeln (Profile II/16b, Zone 10, und II/20, Zone 15).

Korallenbildungen in den Naticamergeln jedoch scheinen das Bild abzurunden, ist doch die Süßwasserphase der oberen Vorbourg-Kalke gewiß nur von kurzer Dauer gewesen. Gegen die Hauptmumienbank hin schreiten wir wiederum einer völlig marinen Fazies entgegen.

Die Sedimente des übrigen Untersuchungsgebietes werden hauptsächlich von tonigen Kalken bis graugelben Mergeln gebildet. Dazwischen treten aber auch kalkige Quarzsandsteine und Schwemmholzhorizonte auf (P. A. ZIEGLER); Schill-Lagen sind nicht selten.

Die stark wechselnden Sedimente deuten auf ein seichtes Ablagerungsmilieu hin, welches noch von einzelnen Patch-reefs durchsetzt war. Terrigene Einflüsse sind immer noch vorhanden, vielleicht in etwas vermindertem Maße. Im südlichsten Detailprofil von Saut de Brot (Nr. VI/86) treffen wir einen Übergang von der Korallen- zur Schwammfazies. Es scheint sich um ein Analogon zur «*faciès de transition entre le faciès glypticien récifal et le faciès à Spongiaires étalés*» der Gegend von St-Claude von A. CAIRE (1951) zu handeln.

Im übrigen soll auf die paläogeographischen Untersuchungen über das «Untersequan» von P. A. ZIEGLER (1956) verwiesen werden.

So vielfältig auch die Faziesveränderungen im unteren Malm des zentralen Schweizer Juras sind und so schwierig es auch erscheint, ein einzelnes Profil in stratigraphischer oder lithogenetischer Hinsicht zu interpretieren, glauben wir doch, daß es bei großräumiger Betrachtung möglich wird, den klassischen Fazieswechsel in ein zusammenhängendes Schema einzuordnen.

Ce travail est basé sur des études stratigraphiques effectuées dans le Jura central suisse et des parties voisines du Jura français. Le problème consiste d'une part en une étude aussi exacte que possible du changement de faciès entre le «Rauracien» et l'«Argovien», et d'autre part en une recherche des limites inférieure et supérieure de ces formations.

Le terrain de recherche s'étend sur la région située entre le Weissenstein et le Val de Travers. Depuis Delémont, la limite N longe le Doubs jusqu'à St-Hippolyte et atteint Pontarlier en passant par Maïche et Gilley.

Comme le montre la figure 1 (p. 15), on peut envisager une division en trois zones de faciès:

1. Au NW, une zone interne aux récifs; plate-forme peu profonde, sans Ammonites.
2. Une barrière récifale avec des calcaires à coraux et des rochers à débris de récifs.
3. Au SE, zone de transition vers le large, avec Ammonites.

Les limites entre ces trois domaines se déplacent au cours du Lusitanien du NW vers le SE par suite d'une surrection de l'arrière-pays (voir planches VII–XI).

La craie de St-Ursanne, le calcaire de la Vorbourg, de même que la partie inférieure des marnes à *Natices* doivent être considérés comme de vrais sédiments internes aux récifs. On constate dans la partie supérieure des calcaires de la Vorbourg sur une grande étendue (Porrentruy–Gilley) une diminution de la salinité (planche X). Celle-ci est marquée par l'apparition de Charophytes et d'Ostracodes limniques, ainsi que par la présence de brèches intraformationnelles et d'un fin détritrus terrigène, peut-être éolien (quartz, zircon, rutile, tourmaline et micas).

Les couches de Liesberg, le calcaire corallien massif ainsi que les calcaires à débris récifal du «Séquanien», au S du terrain, font partie du complexe récifal. Les couches de Liesberg sont représentées par des marnes à *Polypiers*, passant sans lacune de sédimentation au Terrain à Chailles. Vers le haut, la teneur en calcaire augmente et les couches de Liesberg passent insensiblement aux calcaires coralliens massifs. Les niveaux à algues et à pisolithes comme p. ex. les pisolithes de la Caquerelle dans la zone de faciès NW, les oolites nuciformes vertes du domaine SE externe aux récifs ou le «banc d'oolithe nuciforme» (Hauptmumienbank de P. A. ZIEGLER, 1956) sont considérés comme des sédiments de transition entre les récifs et la mer à salinité normale vers l'extérieur. Les calcaires de transition à Ammonites du NW, près de St-Hippolyte, sont comparables à ceux du S du bassin de sédimentation. On peut comparer cette zone avec les «équivalents du faciès argovien» (A. CAIRE, 1951) des environs de Besançon.

Les sédiments externes aux récifs sont caractérisés par leur faune à Ammonites. Les calcaires de transition, les couches de Birmenstorf et les marnes d'Effingen en font partie. La zone des calcaires de transition, compacts et à grain fin, longe les récifs. Les couches de Birmenstorf consistent en calcaires en partie marneux; elles ressemblent quant à leur aspect aux calcaires de transition. Les couches sont caractérisées par la présence d'ammonites et de spongiaires. Ces derniers ne se sont amassés qu'à grande distance du récif. Au S, la plus grande partie des sédiments externes aux récifs sont représentés par les marnes d'Effingen. Dans la zone de faciès NW, les calcaires de transition des environs de St-Hippolyte sont également considérés, à cause de leurs Ammonites et leur formation à spongolites, comme des sédiments externes aux récifs, mais cette fois dans un bras du bassin parisien.

La faune à Ammonites de la zone S, externe aux récifs, permet de déterminer le schéma des zones suivant :

Kiméridgien :

Streblites tenuilobatus OPPEL

Lusitanien :

Epipeltoceras bimammatum
(QUENST.)

{ *Idoceras planula* (HEHL)
 { *Epipeltoceras bimammatum* s. str.

« Séquanien » supérieur et inférieur et
Calcaire de la Vorbourg

Gregoryceras transversarius
(QUENST.)

{ « *Amoeboceras alternans* » (v. BUCH)
 { *Gregoryceras transversarius* s. str.

Marnes d'Effingen – Calcaire de
transition et Couches de Birmenstorf

Perisphinctes plicatilis (Sow.)

Au moins la partie supérieure des
Couches de Liesberg, une partie des
Couches de Birmenstorf au voisinage
de récifs

Oxfordien s. str.

Cardioceras cordatum Sow.

Terrain à Chailles

La raison principale pour laquelle les travaux de stratigraphie comparée étaient difficiles dans le Jura, réside dans l'emploi erroné des notions de formation et d'étage. Des notions comme « Argovien », « Rauracien » et « Séquanien » devraient à l'avenir être employées comme noms de « formation », au sens anglo-saxon du mot, et en tant qu'unité lithologiquement définie. Ces formations sont souvent hétérochrones, mais se laissent aisément distinguer en cartographiant.

Les notions d'Oxfordien s. str., de Lusitanien et de Kiméridgien sont employées dans cet ouvrage comme désignation d'étage (voir fig. 2, p. 17). Nous employons le terme Lusitanien provisoirement et sous toute réserve pour l'Oxfordien supérieur d'ARKELL (« Corallien » d'ORB. pro parte); on pourrait également conserver le nom d'Argovien pour ce sous-étage, en faisant y rentrer les zones à *plicatilis* – *transversarium* et *bimammatum*, équivalent aux couches de Birmenstorf, d'Effingen, du Geissberg, à Crenularis et de Wangen de la région-type du canton d'Argovie.

- ARKELL, W.J. (1956): *Jurassic Geology of the World*. London.
- AUBERT, D. (1943): *Monographie géologique de la Vallée de Joux (Jura vaudois)*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 78.
- BERTRAND, M. (1883): *Le Jurassique supérieur et ses niveaux coralliens entre Gray et St-Claude*. Bull. Soc. géol. France 11.
- BIRKHÄUSER, M. (1925): *Geologie des Kettenjura der Umgebung von Undervelier (Berner Jura)*. Verh. naturf. Ges. Basel 36.
- BITTERLI, P. (1945): *Geologie der Blauen- und Landskronkette südlich von Basel*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 81.
- BONTE, A. (1944): *Sur la limite du Rauracien et du Séquanien aux environs de Besançon*. C. R. Soc. géol. France.
- BOURGEAT, Abbé (1883): *Note sur la position vraie du Corallien de Valfin dans le Jura*. Ann. Soc. sci. Bruxelles 7.
- (1886): *Considérations sommaires sur les formations coralligènes du Jura méridional*. Mém. Soc. ém. Jura. Lons-le-Saunier.
- (1888): *Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional*. Paris.
- BOURQUIN, PH. (1946): *Erläuterungen zum Blatt 15 des «Geol. Atlas der Schweiz» 1:25000, Blätter Biaufond–Les Bois–La Ferrière–St-Imier*.
- BUXTORF, A., KÜNZLI, E., und ROLLIER, L. (1908): *Geologische Beschreibung des Weissensteintunnels und seiner Umgebung*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 21.
- CAIRE, A. (1951): *Les rapports entre Oxfordien, Argovien et Glypticien dans le Jura Salinois*. Bull. Soc. Hist. nat. Doubs 55.
- CALLOMON, J.H. (1960): *New Sections in the Corallian Beds around Oxford, and the Subzones of the Plicatilis Zone*. Proc. Geol. Ass., London, 71/2.
- CAROZZI, A. (1948): *Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura Suisse*. Arch. des Sci., Genève 1, 1.
- (1953): *Pétrographie des roches sédimentaires*, Lausanne.
- (1954): *Le Jurassique supérieur récifal du Grand-Salève, essai de comparaison avec les récifs coralliens actuels*. Eclogae geol. Helv. 47, 2.
- CAYEUX, L. (1929): *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses*. Mém. Carte géol. France, Paris.
- (1935): *Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées*. Masson, Paris.
- CHOFFAT, P. (1875): *Le Corallien dans le Jura occidental*. Arch. sci. phys. nat., Genève (2), 54.
- Congrès géologique international; Commission de stratigraphie. *Lexique stratigraphique international*. Vol. I, Europe, Fasc. 4a, 4av. 1956.
- COTILLON, P. (1960): *Description d'une coupe de la partie supérieure des «calcaires blancs» de Provence au Nord du département du Var*. C. R. Soc. géol. France 3.
- (1960): *Caractères pétrographiques et genèse des galets noirs observés dans une coupe des «Calcaires blancs» de Provence (Jurassique supérieur–Crétacé inférieur)*. C. R. Soc. géol. France 7.
- DARWIN, CH. (1876): *Über den Bau und die Verbreitung der Corallen-Riffe*. Stuttgart.
- DESOR, E., et GRESSLY, A. (1859): *Etudes géologiques sur le Jura neuchâtelois*. Mém. Soc. sci. nat. Neuchâtel 4.
- DIEBOLD, P. (1960): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Ocourt (Berner Jura)*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 111.
- DURAND, J. (1952): *Etude géologique, hydrologique et pédologique des Croûtes en Algérie*. Thèse N° 373, Université de Paris.
- DZULYNSKI, ST. (1951): *The origin of the Upper Jurassic Limestones in the Cracow Area*. Ann. Soc. géol. Pologne 21, 2.
- ELBER, R. (1920): *Geologie der Raimeux- und Velleratkette im Gebiete der Durchbruchtäler von Birs und Gabiare (Berner Jura)*. Verh. naturf. Ges. Basel 32.
- EPPLÉ, P. (1947): *Geologische Beschreibung der Umgebung von Sonceboz im Berner Jura*. Mitt. naturf. Ges. Bern (NF) 4.
- ETALLON, A. (1857): *Esquisse d'une description géologique du Haut-Jura et en particulier des environs de St-Claude*. Ann. sci. phys. nat. agr. ind. Lyon.
- FAIRBRIDGE, R.W. (1950): *Recent and Pleistocene coral reefs of Australia*. Jour. Geology 58.
- FAIRBRIDGE, R.W., and TEICHERT, C. (1948): *The Low isles of the Great Barrier Reef: a new analysis*. Geogr. Journal 111, 1–3.
- FALLOT, P., et CORROY, G. (1932): *Données stratigraphiques et tectoniques nouvelles sur la feuille de Montbéliard*. Bull. serv. carte géol. France, N° 181, 34.
- FAVRE, J. (1911): *Description géologique des environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*. Eclogae geol. Helv. 11, 4.
- FORKERT, E. (1933): *Geologische Beschreibung des Kartengebietes Tramelan im Berner Jura*. Eclogae geol. Helv. 26, 1.
- FREI, E. (1925): *Zur Geologie des südöstlichen Neuenburger Jura*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 55, 3.
- FRTZ, G.K. (1958): *Schwammstotzen, Tuberolithe und Schuttbreccien im Weißen Jura der Schwäbischen Alb*. Arbeiten aus dem Geol.-Pal. Institut der Techn. Hochschule Stuttgart (NF) 13.

- GASCHE, E. (1956): *Über die Entstehung der Mumien und übrigen Kalkknollen aus dem Sequan des Berner Jura*; in P. A. ZIEGLER: *Zur Stratigraphie des Séquanien im zentralen Schweizer Jura*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 102.
- GILLET, S., et SCHNEEGANS, D. (1933): *Stratigraphie des terrains jurassiques dans la région de Ferrette (Jura alsacien)*. Bull. serv. Carte géol. Als.-Lorr. 2.
- GIRARDOT, A. (1883): *L'étage Corallien dans la partie septentrionale de la Franche-Comté*. Mém. Soc. ém. Doubs, Besançon. 5^e sér., 7.
- (1912): *Les premières études de géologie en Franche-Comté (1742–1850)*. Besançon.
- GIRARDOT, L. A. (1885): *Fragments des recherches géologiques dans les environs de Châtelneuf*. Mém. Soc. ém. Jura, Lons-le-Saunier.
- GLANGEAUD, L. (1944): *Remarques préliminaires sur les subdivisions et les faciès du Lusitanien dans le Nord-Est du Bassin de Paris et le Jura septentrional*. C.R. Soc. géol. France 14, 5.
- GLAUSER, A. (1936): *Geologische Beschreibung des Kartengebietes von Blatt Montfaucon im Berner Jura*. Verh. naturf. Ges. Basel 47.
- GRAHMANN, R. (1920): *Der Jura der Pfirt im Ober-Elsaß*. N. Jb. Min. etc. B.-Bd. 44.
- GREPPIN, E. (1900): *Über den Parallelismus der Malmschichten im Juragebirge*. Verh. naturf. Ges. Basel 12.
- GREPPIN, J.-B. (1867): *Essai géologique sur le Jura Suisse*. Delémont.
- (1870): *Description géologique du Jura bernois et quelques districts adjacents*. Mat. Carte géol. Suisse 8.
- GRESSLY, A. (1841): *Observations géologiques sur le Jura soleurois*. N. Denkschr. Schweiz. Ges. f. gesamte Naturw. 2.
- HAUG, E. (1911): *Traité de Géologie*. Chap. 37, Système Jurassique. Paris.
- HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz I*. Leipzig.
- HENSON, F.R.S. (1950): *Cretaceous and Tertiary reef formations associated sediments in Middle East*. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 34, 2.
- HUG, O. (1897): *Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik des Isteiner Klotzes*. Freiburg i. Br.
- HUMMEL, K.L. (1914): *Die Tektonik des Elsgaues (Berner Tafeljura)*. Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Br. 20.
- JACCARD, A. (1893): *Note sur le Corallien de Gilley (Doubs)*. Bull. Soc. sci. nat. Neuchâtel. 21.
- JENNY, W. (1924): *Geologische Untersuchungen im Gebiete des Chasserals*. Diss. Zürich.
- JUILLERAT, E. (1907): *Relations entre le Malm du Jura central et celui du Canton d'Argovie*. Diss. Bern.
- KABELAC, F. (1955): *Beiträge zur Kenntnis und Entstehung des unteren Weißjuras am Ostrand des südlichen Oberrheingrabens*. Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Br. 45.
- KEHRER, L. (1922): *Beiträge zur Kenntnis der Geologie von Olten-Aarburg und Umgebung*. Mitt. Aarg. Natf. Ges. 16.
- KELLER, W.T. (1922): *Geologische Beschreibung des Kettenjura zwischen Delsbergerbecken und Oberrheinischer Tiefebene*. Eclogae geol. Helv. 17, 1.
- KELTERBORN, P. (1944): *Beobachtungen im Mont-Terri-Gebiet zwischen Courgenay und Asuel (Berner Jura)*. Eclogae geol. Helv. 37, 2.
- KEMMERLING, G.L.L. (1911): *Geologische Beschreibung der Ketten von Vellerat und Moutier*. Diss. Freiburg i. Br.
- KOBY, F. (1892): *Etude stratigraphique des couches rauraciennes du Jura bernois*; in P. DE LORIOU: *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura bernois*. Mém. Soc. pal. Suisse 19.
- (1894): *Notice stratigraphique sur le Rauracien inférieur dans la partie septentrionale du Jura bernois*; in P. DE LORIOU: *Etude sur les Mollusques du Rauracien inférieur du Jura bernois*. Mém. Soc. pal. Suisse 21.
- (1899): *Notice stratigraphique sur l'Oxfordien dans la partie septentrionale du Jura bernois*; in P. DE LORIOU: *Etude sur les Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien inférieur*. Mém. Soc. pal. Suisse 26.
- LADD, H.S. (1950): *Recent reefs*. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 34/2.
- LADD, H.S., TRACEY, Jr., WELLS, J.W., and EMERY, K.O. (1950): *Organic growth and sedimentation on an atoll*. Jour. Geology 58.
- LAUBSCHER, H. (1948): *Geologie des Gebietes von Siegfried-blatt St-Ursanne (Berner Jura)*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 92.
- LINIGER, H. (1925): *Geologie des Delsberger Beckens und der Umgebung von Movelier*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 55, 4.
- LINK, T.A. (1950): *Theory of transgressive and regressive reef (bioherm) development and origin of oil*. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 34/2.
- LORIOU, P. DE (1894): *Etude sur les mollusques du Rauracien inf. du Jura Bernois*. Mém. Soc. pal. Suisse 21.
- (1895): *Etude sur les mollusques du Rauracien sup. du Jura Bernois*. Mém. Soc. pal. Suisse 22.
- LOWENSTAM, H.A. (1950): *Niagaran reefs of the Great Lakes area*. Jour. Geology 58.
- LÜTHI, E. (1949): *Geologische Beschreibung der Kartengebiete Saignelégier und Vautenaivre*. Manuskript Diplomarbeit ETH, Zürich.
- (1954): *Geologische Untersuchungen im Gebiete zwischen Tessenberg und St. Immortal (Berner Jura)*. Diss. Zürich.
- MARCOU, J. (1845): *Notice sur les différentes formations des terrains jurassiques dans le Jura occidental*. Mém. Soc. sci. nat. Neuchâtel 3.
- (1860): *Lettres sur les roches du Jura*. Paris.
- MATTAUER, M. (1958): *Présence de brèches à cailloux noirs et de calcaires lacustres dans le Kimméridgien du Jura central*. C.R. Soc. géol. France 3.
- MOESCH, C. (1863): *Untersuchungen im weißen Jura der Kantone Solothurn und Bern*. Verh. Schweiz. Natf. Ges., Luzern.
- (1867): *Geologische Beschreibung des Aargauer Jura und des nördlichen Gebietes des Kantons Zürich*. Beitr. geol. Karte Schweiz 4.
- MOHLER, W. (1938): *Mikropaläontologische Untersuchungen in der nordschweizerischen Juraformation*. Abh. schweiz. pal. Ges. 60.
- MUHLETHALER, C. (1932): *Etude géologique de la région des Verrières (Ct. de Neuchâtel)*. Bull. Soc. neuch. sci. nat. 56 (1931).
- NEWELL, N.D., RIGBY, J.K., et al. (1953): *The Permian reef complex of the Guadalupe Mountain region, Texas and New Mexico*, Freeman, San Francisco.
- NIGGLI, P., GRUBENMANN, U., JEANNET, A., MOSER, R. (1915): *Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz*. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie 5.

- OERTEL, W. (1913): *Stratigraphie und Tektonik der Gegend von St-Brais und Saulcy im Schweizer Jura*. N. Jb. Min. etc. B.-Bd. 36.
- OERTLI, H.J., et ZIEGLER, M. (1958): *Présence d'un Séquanien lacustre dans la région de Pontarlier (Dép. Doubs, France)*. Eclogae geol. Helv. 51, 2.
- OERTLI, H.J. (1959): *Malm-Ostrakoden aus dem schweizerischen Juragebirge*. Denkschr. schweiz. naturf. Ges. 83, 1.
- ORBIGNY, A.D' (1842–1849): *Paléontologie française; Terrains oolithiques ou jurassiques 1*.
- PETTIJOHN, F.J. (1957): *Sedimentary rocks*, 2. Aufl. New York.
- QUERVAIN, F. DE, und GSCHWIND, M. (1949): *Die nutzbaren Gesteine der Schweiz*. 2. Aufl. Bern.
- REMANE, J. (1960): *Les formations bréchiqes dans le Tithonique du Sud-Est de la France*. Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Grenoble 36.
- RENEVIER, E. (1874): *Tableau des terrains sédimentaires*. Bull. Soc. Vaud. sci. nat. 70–72. Lausanne.
- RICKENBACH, E. (1925): *Description du Val de Travers, du cirque de St-Sulpice et de la Vallée de la Brévine*. Bull. Soc. neuch. sci. nat. 50.
- RITTENER, TH. (1902): *Etude géologique de la Côte-aux-Fées et des environs de Ste-Croix et Baulmes*. Mat. Carte géol. Suisse (NS) 13.
- ROLLIER, L. (1888a): *Etude stratigraphique sur le Jura bernois. Les faciès du Malm jurassien*. Eclogae geol. Helv. 1, 1.
- (1888b): *Excursion de la Soc. Géol. Suisse au Weissenstein et dans le Jura bernois*. Eclogae geol. Helv. 1, 3.
- (1893): *Sur la composition et l'extension du Rauracien dans le Jura*. Arch. sci. phys. nat. 3, 29, Genève.
- (1894): *Le Malm du Jura et du Randen. Etude de nomenclature et de parallélisme stratigraphique*. C.R. 6^e session, Congr. géol. int. Zürich.
- (1895): *Défense des faciès du Malm (Jurassique supérieur)*. Arch. sci. phys. nat. 3, 34, Genève.
- (1895): *Über den Jura zwischen Doubs (Chaux-de-Fonds), Delsberg, See von Neuchâtel und Weißenstein*. N. Jb. Min. etc. 2.
- (1897a): *Résumé des relations stratigraphiques et orographiques de faciès du Malm dans le Jura*. Arch. sci. phys. nat. 4, 3., Genève.
- (1897b): *Note additionnelle à la défense des faciès du Malm et réponse à M. Choffat*. Arch. sci. phys. nat. 4, 4., Genève.
- (1898): *Deuxième supplément à la description géologique de la partie jurassienne de la feuille 7 de la Carte géol. Suisse 1:100000*. Mat. Carte géol. Suisse (NS) 8.
- (1917): *Résumé stratigraphique des terrains secondaires du Jura*. Mém. Soc. pal. Suisse 42.
- ROLLIER, L., et TRIBOLET, M. DE (1900): *L'Oxfordien pyriteux dans le Canton de Neuchâtel*. Eclogae geol. Helv. 6, 4.
- ROTHPLETZ, W. (1933): *Geologische Beschreibung der Umgebung von Tavannes im Berner Jura*. Verh. naturf. Ges. Basel 43.
- SCHARDT, H., et DUBOIS, A. (1903): *Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse*. Eclogae geol. Helv. 7.
- SCHLAICH, E. (1934): *Geologische Beschreibung der Gegend von Court im Berner Jura*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 26, 1.
- SCHNEEGANS, D. (1934): *Notice explicative sommaire. Carte géol. France 1:50000, feuille de Ferrette (XXXVII/22)*. Serv. Carte géol. Als.-Lorr., Strasbourg.
- SCHNEIDER, A. (1960): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Porrentruy (Berner Jura)*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 109.
- SCHUH, F. (1914): *Geologische Beschreibung der Gegend von Saignelégier und Les Pommerats*. Zs. deutsch. geol. Ges. 66, 1.
- SCHÜRER, W. (1928): *Geologische Aufnahme des Jura- und Molassegebietes zwischen Dotzigen und Tavannes*. Diss. Zürich.
- SHEARMAN, D.J., KHOURI, J., TAHA, S. (1961): *On the Replacement of Dolomite by Calcite in some Mesozoic Limestones from the French Jura*. Proc. Geol. Ass. London.
- SPRECHER, CH. (1917): *Beitrag zur Kenntnis der Querstörung Mollens–Vallorbe–Pontarlier*. Diss. Bern.
- STAEHELIN, P. (1924): *Geologie der Juraketten bei Welschenrohr*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 55, 1.
- STÄUBLE, A.J. (1959): *Zur Stratigraphie des Callovian im zentralen Schweizer Jura*. Eclogae geol. Helv. 52, 1.
- STUTZ, U. (1864): *Über die Lägern. Ein Beitrag zur Geologie des Kantons Zürich*. Neujahrsbl. naturf. Ges. Zürich 66.
- SUTER, H. (1920): *Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Les Convers–Vue des Alpes*. Diss. Zürich.
- (1936): *Geologische Beschreibung der Kartengebiete Les Bois und St-Imier im Berner Jura*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 72.
- TARR, W.A. (1925): *Is the chalk a chemical deposit?* Geol. Magazine 62, 6. London.
- TEICHERT, C. (1947): *Contributions to the Geology of Houtman's Abrolhos, Western Australia*. Proc. Linnean Soc. New South Wales 71, 3–4.
- THEOBALD, N. (1959): *Observations stratigraphiques sur la feuille de Belfort 1:50000*. Bull. Carte géol. France, N° 255, 56 (1958).
- THURMANN, J. (1832): *Essai sur les soulèvements jurassiques du Porrentruy*. Mém. Soc. hist. nat. Strasbourg.
- TOBLER, A. (1899): *Der Jura im Südosten der oberrheinischen Tiefebene*. Verh. naturf. Ges. Basel 11.
- TSCHOPP, R. (1960): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Miécourt (Berner Jura)*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 110.
- VOGEL, H. (1934): *Geologie des Graiter und des Grenchenbergs*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 26, 2.
- VONDERSCHMITT, L. (1942): *Die geologischen Ergebnisse der Bohrung von Hirzbach bei Altkirch (Ober-Elsaß)*. Eclogae Helv. 35, 1.
- WAJBEL, A. (1925): *Geologie der Umgebung von Erschwil*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 55, 2.
- WIEDENMAYER, C. (1923): *Geologie der Juraketten zwischen Balsthal und Wangen a.A.* Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 48, 3.
- WILSON, W.B. (1950): *Reef definition*. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 34, 2.
- WITTMANN, O. (1952): *Erläuterungen zu Blatt Lörrach (Nr. 152) und Blatt Weil (Nr. 164)*. Bad. geol. Landesanstalt, Freiburg i. Br.
- ZIEGLER, M.A. (1960): *Gravesienfunde aus dem «unteren Portland» der Gegend von Morteau (Doubs)*. Eclogae geol. Helv. 53, 2.
- ZIEGLER, P.A. (1956): *Geologische Beschreibung des Blattes Courtelary (Berner Jura) und zur Stratigraphie des Séquanien im zentralen Schweizer Jura*. Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 102.

Geologische Karten

BAUMBERGER, E. (1921): *Geologische Karte des Dünnerntales und der Umgebung von Corcelles*, Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. 13, 1 (1923).

SCHARDT, H., und DUBOIS, A. (1901): *Carte des Gorges de l'Areuse* 1:15000, Eclogae geol. Helv. 7.

Geologische Spezialkarten 1:25000

ROLLIER, L. (1900a): *Carte tectonique des environs de Moutier (Jura bernois)*, Blatt 23.

– (1900b): *Carte tectonique des environs de Bellelay (Jura bernois)*, Blatt 24.

– (1904): *Carte tectonique d'Envelier et du Weissenstein*, Blatt 32.

– (1907): *Carte géotectonique de la région du Tunnel du Weissenstein*, Blatt 47, Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) 21.

ROLLIER, L., et FAVRE, J. (1910): *Carte géologique des environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*, Blatt 59.

Geologischer Atlas der Schweiz 1:25000

BOURQUIN, PH., SUTER, H., FALLOT, P. (1946): Blätter *Biaufond–Les Bois–La Ferrière–St-Imier*, Atlasblatt 15.

KELLER, W.T., und LINIGER, H. (1930): Blätter *Movelier–Soyhières–Delémont–Courrendlin*, Atlasblatt 1.

KOCH, R., LEHNER, E., WAIBEL, A., MÜHLBERG, M. (1936): Blätter *Laufen–Bretzwil–Erschwil–Mümliswil*, Atlasblatt 3.

MUHLETHALER, C. (1930): Blätter *La Chaux–Les Verrières*, Atlasblatt 2.

Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200000

(1944): Blatt 1, *Neuchâtel*

(1942): Blatt 2, *Basel–Bern*

Carte géologique de la France 1:50000

(1934): Feuille XXXVII/22, *Ferrette*

Carte géologique détaillée de la France 1:80000

(1933): Feuille 114, *Montbéliard*, 2^e édition

(1942): Feuille 127, *Ornans*, 2^e édition.

Verzeichnis der Detailprofile

- | | | |
|--|--|--|
| 1. Liesbergmühle | 34b. Côte au Pucin* | 67. Pont des Anabaptistes* |
| 2. Mervelier* | 35. Berlincourt* | 68. Les Roches* |
| 3. Tiergarten | 36a. Les Forges, rechte Talseite* | 69. La Cendrée* |
| 4. Envelier | 36b. Les Forges, linke Talseite* | 70. Cotote, E Fournet-Blancheroche |
| 5. Château de Raymontpierre | 37a. Saulcy | 71. Le Refrain* |
| 6. Bächlen* | 37b. Saulcy-Lajoux | 72. Fournet-Blancheroche* |
| 7. Raimeux de Crémines* | 38. Les Blanches-Fontaines | 73. Le Pélard (Corps-de-Garde),
E Maison Monsieur |
| 8a. Combe de Geais, N Grandval | 39. Gorges du Pichoux | 74. La Large Journée* |
| 8b. Combe de Geais | 40a. Le Noir Bos, Souboz | 75. La Cibourg* |
| 9a. Gänsbrunnen, Station* | 40b. Le Noir Bos | 76. Les Endroits* (J. FAVRE, 1911) |
| 9b. Gänsbrunnen, Post* | 41. La Golatte* | 77. Le Bouclon* (J. FAVRE, 1911) |
| 10. Rüschraben* | 42. Mét. de Werdt* | 78. La Chaux-de-Fonds* |
| 11. Schwelliboden* | 43. Reuchenette* | 79. Les Ecouellottes* |
| 12. Schauenburg* | 44. Mét. de Tschärner, Chasseral | 80. Vue des Alpes* |
| 13. Ratflue* | 45. Rondchâtel* | 81. Montperreux* (A. J. STÄUBLE,
1959) |
| 14. Soyhières | 46. Montandon | 82. Côte du Moron* |
| 15. Chapelle de Vorbourg | 47a. Mouillevillers | 83. Creux du Moron |
| 16a. Essertaux, Choindez | 47b. Mouillevillers | 84. Entre-deux-Monts* |
| 16b. Choindez* | 48. Chauvillers* | 85. Molta Dessus, NW Les Ponts-
de-Martel |
| 17. Châtillon | 49. Monturban* | 86. Saut de Brot |
| 18. Courtételle* | 50. Vautenaivre | 87. Les Combottes |
| 19. Raimeux S-Schenkel* | 51. Cerniéwillers* | 88. Besongey* |
| 20. Punkt 506, Gorges de Moutier | 52. Charmauvillers* | 89. Chaumont de Gilley |
| 21. Basse-Montagne-Süd,
Gorges de Moutier | 53. Côte au Bouvier, S Soubey | 90. Passage d'Entreportes* |
| 22. La Bâme, Gorges de Court | 54. Valloreil* | 91. La Gauffre, NW Les Fourgs |
| 23. Gorges de Court | 55. Le Bémont* | 92. St-Sulpice, Le Rondel |
| 24. La Bluai* | 56. Saignelégier | 93. Les Sagnettes* |
| 25. Stierenberg* | 57. Les Royes | 94. St-Sulpice, Crêt des Devens |
| 26. Côte du Frêne | 58. Les Chenevières, E Emibois | |
| 27. St-Ursanne | 59. Les Emibois* | |
| 28. L'Ordon | 60. La Peuchapatte* | |
| 29. Peute Côte* | 61. Pâturage du Droit* | |
| 30. Mont Russelin* | 62. Place de Dernier* | |
| 31. Plan du Noyer | 63. Bise de Cortébert* | |
| 32. Sous les Errauts | 64. Mt. Soleil* | |
| 33. Foradrai* | 65. La Cornette* | |
| 34a. Côte au Pucin* | 66. Mét. du Milieu de Bienne,
Chasseral | |

Mit * bezeichnete Profile werden nur in den Faziesprofilen, Tafeln II–VI, erwähnt. Falls kein anderer Autor angegeben wurde, wurden die meisten dieser Profile aus P. A. ZIEGLER, 1956, übernommen.

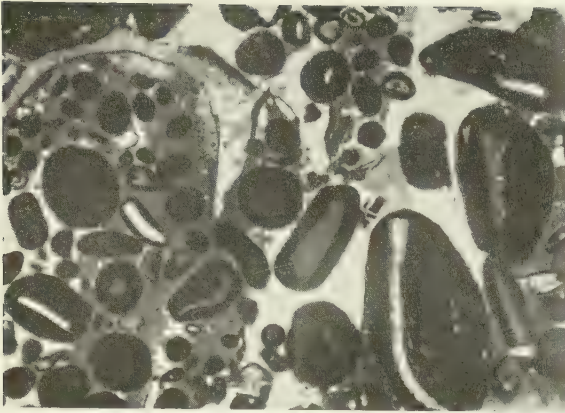


Abb. 1. Caquerelle-Pisolith; Côte du Frêne, N St-Ursanne. Deutlich sind die Schalentrümmer als Kerne der Pisolithe zu erkennen; daneben kommen auch unumkrustete, bioklastische Trümmer vor. Das Bindemittel ist kalzitisch-kristallin. Vergrößerung: 7fach.

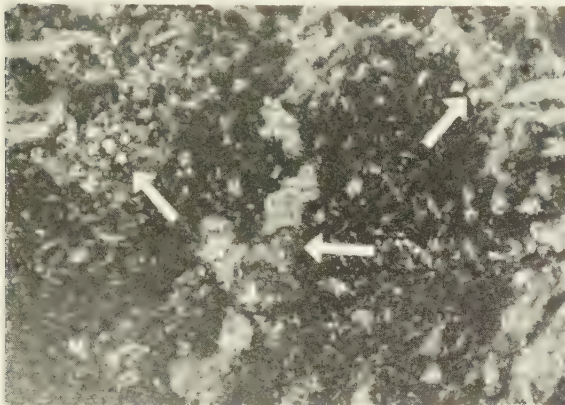


Abb. 2. «Calcaire grumeleux» aus den höheren Vorbourg-Kalken mit Transversalschnitten durch Charophyten-«Ästchen» (Pfeile); daneben sind feinschalige Schalentrümmer von Süßwasserostracoden zu erkennen. Station Saulcy. Vergrößerung: 7fach.

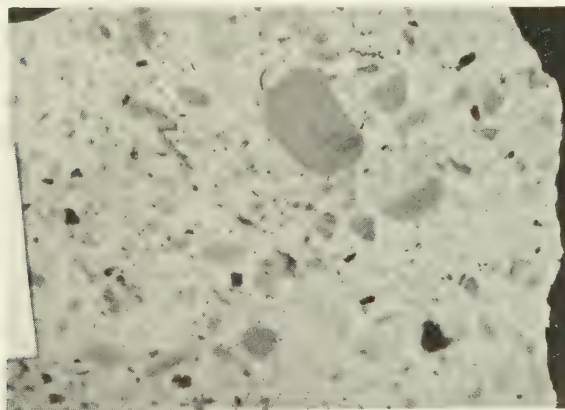


Abb. 3. «Brèche à cailloux noirs» aus den Vorbourg-Kalken; Côte du Frêne, N St-Ursanne. In einer hellen Grundmasse sind schwach kantengerundete, kalkige Gesteins-trümmer von unterschiedlicher Größe eingebettet; ungefähr natürliche Größe.

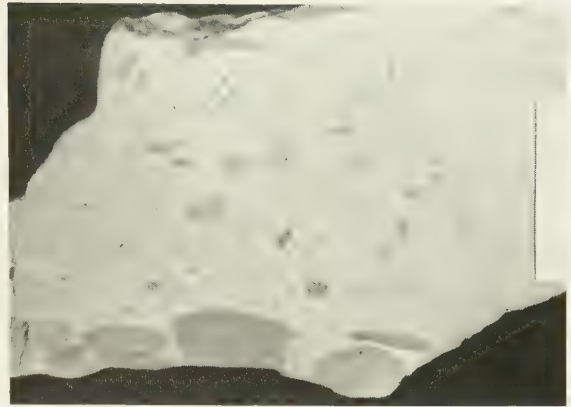


Abb. 4. Intraformationelle Breccie aus den Vorbourg-Kalken; Sur le Tunnel, N Porrentruy. Man scheint hier den Auflösungsvorgang in einzelne Breccienkomponenten einer teilweise konsolidierten Schicht feststellen zu können; 0,8 natürliche Größe.

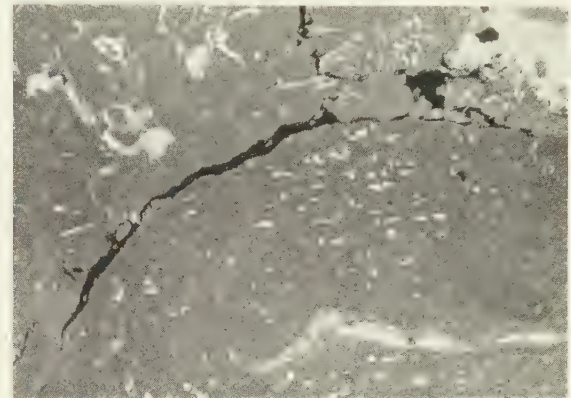


Abb. 5. «Brèche à cailloux noirs» aus den Vorbourg-Kalken; Chauvillers, F. Um ein Schalentrümmerstück hat sich eine knollige Konkretion gebildet, die sich kaum von der umgebenden Matrix abhebt. Die kalziterfüllten Hohlräume heben jedoch die Struktur deutlich hervor. Vergrößerung: ca. 7fach.



Abb. 6. Mikrozyklotheme aus den höheren Vorbourg-Kalken; Gorges du Pichouz; Vergrößerung: 7fach.

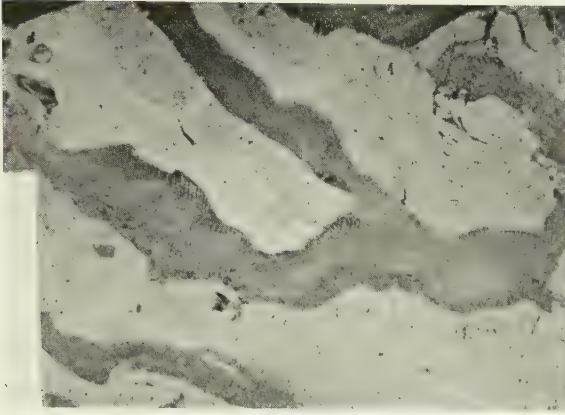


Abb. 7. Korallenkalk mit Querschnitten durch tellerförmige Thamnasterien; Combe des Geais, E Moutier. Die Hohlräume zwischen den einzelnen Kolonien sind von feinkörnigem, zoogenem Kalk erfüllt; natürliche Größe.

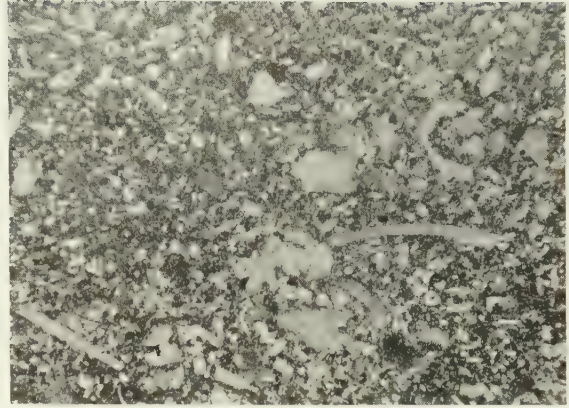


Abb. 9. Übergangskalk aus der Nähe des Riffes mit grobdetritischem Riffschutt; Blanches-Fontaines, S Undervelier. Vergrößerung: 7fach.

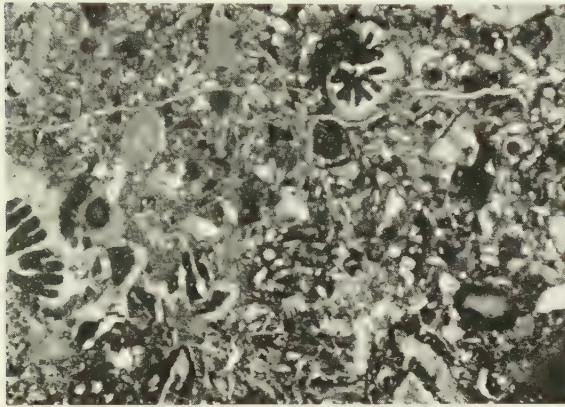


Abb. 8. Grober, oft echinodermenspätiger, korallenführender Riffdetritus; Plan du Noyer, S St-Ursanne. Vergrößerung: 7fach.

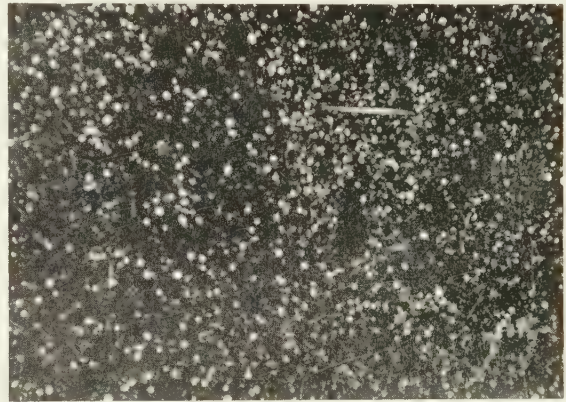


Abb. 10. Spongolith aus den Übergangskalken; Gorges de Moutier. Es lassen sich deutlich die nur z.T. verkieselten Querschnitte der einzelnen Schwammnadeln erkennen. Vergrößerung: 7fach.

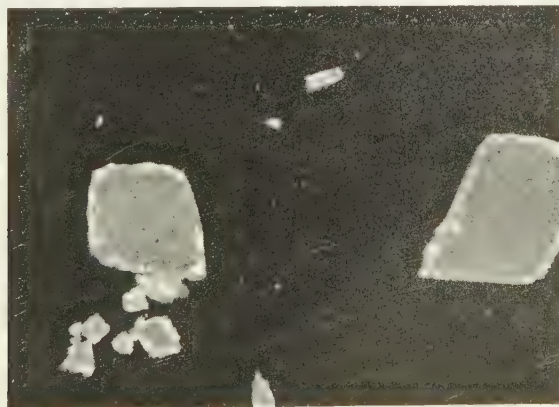


Abb. 11. Dedolomitisierungserscheinung aus den Übergangskalken; Chaumont de Gilley, F. Als lokale Erscheinung treten Pseudomorphosen von Kalzit nach Dolomit in dichtem bis feinkörnigem Kalk auf. Vergrößerung: 7fach.

Curriculum vitae

Am 26. Februar 1931 wurde ich, Martin Andreas Ziegler, Bürger von Winterthur, in Winterthur geboren. Dort besuchte ich die Primarschule. Meine Mittelschule absolvierte ich von 1945 bis 1948 in der Zweigschule der Evangelischen Lehranstalt Schiers, in Samedan. Die restlichen Schuljahre durchlief ich im schweizerischen Landerziehungsheim Schloß Glarisegg bei Steckborn, wo ich 1951 mit der Maturitätsprüfung, Typus B, abschloß.

Auf das Wintersemester 1951 immatrikulierte ich mich an der Philosophischen Fakultät II der Universität Zürich. Bis zum Sommersemester 1955 hatte ich die geographisch-geologische Studienrichtung belegt. Vom Winter 1955 an wandte ich mich ganz dem Geologiestudium zu und schloß im Wintersemester 1959 meine Ausbildung mit dem Diplom als Naturwissenschaftler ab. Seither war ich mit den Feldaufnahmen zur vorliegenden Arbeit und ihrer Auswertung beschäftigt. Die Ausarbeitung meiner Dissertation erfolgte unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. R. Trümpy.

An der Universität und an der Eidgenössischen Technischen Hochschule belegte ich Vorlesungen, Praktika und Exkursionen folgender Herren Professoren: Dr. R. Staub † und Dr. A. Gansser (allgemeine und regionale Geologie), Dr. R. Trümpy und Dr. A. Jeannet (allgemeine und spezielle Stratigraphie), Dr. W. Leupold (Mikropaläontologie, Petroleumgeologie und technische Geologie), Dr. H. Suter und PD Dr. H. Jäckli (spezielle Geologie), Dr. J. Krebs † (Photogeologie), Dr. F. Laves (Mineralogie), Dr. R. L. Parker (spezielle Mineralogie), Dr. C. Burri (Petrographie und Lagerstättenkunde), Dr. F. de Quervain (praktische Petrographie), Dr. E. Kuhn-Schnyder (Paläontologie), Dr. H. Boesch (Geographie und Wirtschaftsgeographie), Dr. Ad. H. Schultz (Anthropologie), Dr. E. Hadorn und Dr. H. Steiner (Zoologie), Dr. E. Waner (Botanik), Dr. P. Karrer (Chemie).

